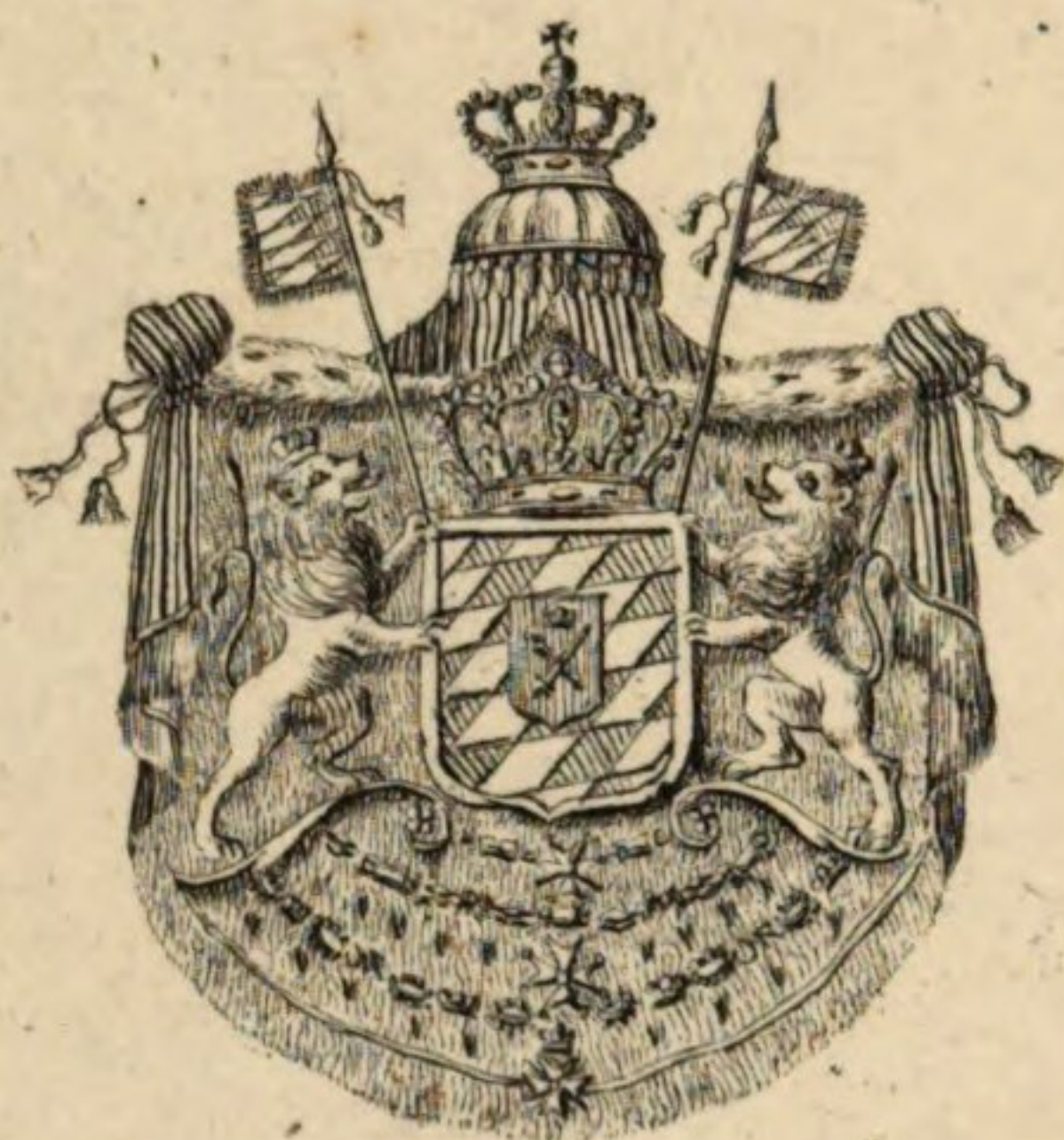




Phys.-G.
365



**BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.**

R

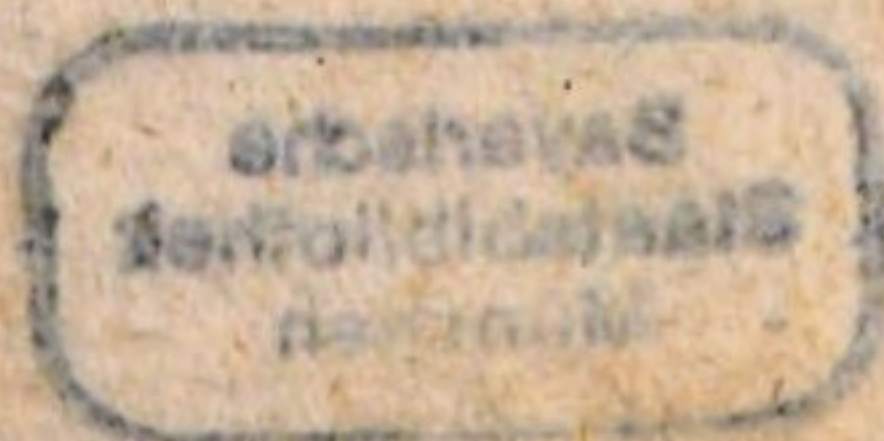
LAZARUS BENDAVID'S
VORLESUNGEN
ÜBER DIE
METAPHYSISCHEN
ANFANGSGRÜNDE
DER
NATURWISSENSCHAFT.

(Mit doppeltem Register.)

Hanc Deus et melior litem Natura diremit.

OVID.

WIEN, 1798.
BEY CARL SCHAUMBURG UND COMPAGNIE.



YORLES UNCE

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

17411027322 VAB 174110

ВЕРХНЕ-УФАНСКОЕ РАЙОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЗАНИМАЮЩАГОСЯ РАБОТОЙ

Bayerische
Staatsbibliothek
München

V O R R E D E.

Es sollte mir wirklich leid thun, wenn man in dieser Bearbeitung des Kantischen Werkes nur einen Auszug aus demselben, oder vielleicht gar die Verwandlung einer englischen Jagduhre in einen Bratenwender finden wollte. Ich wenigstens schmeichle mir hier nicht bloß für die Küche, sondern so so pour la bonne bouche gearbeitet zu haben. Liefs mir auch der architektonische Plan Kants keine Stelle zu neuen Sätzen

übrig; so blieb mir es doch unbenommen, die Sätze neu zu beweisen, oder sie wenigstens so darzustellen, dass sie vom Uneingeweihten leichter eingesehen, und der Construction durch algebraische Zeichen fähig werden konnten.

Die Sache ist leicht auszuführen gewesen, und soll gar nicht zu meinem Lobe gesagt seyn: so wie ich überhaupt stets das culpam vitare für schwerer als das laudem merere halte. In der That brauchte man nur gleichsam den Fußsteig neben dem Wege herzugehen, den Kant eingeschlagen, um alles zu finden, was man suchte, und doch am Ende zu ihm zu kommen. Aber man hatte auch dabey den Vortheil manches Hinderniß nicht anzutreffen, das auf der Heerstrasse unweggeräumt liegen bleiben mußte. Das Mariottesche Gesetz und Newtons Satz von den zurückstossenden Kräften schei-

nen offenbar mit den Kantischen Lehren zu streiten. Denn nach Kant stehen die fliehenden Kräfte der nächsten Theile im umgekehrten Verhältniß der Würfel ihrer Entfernung, da sie noch Mariotte sowohl als Newton im einfachen umgekehrten Verhältniß der Entfernung stehen. (Princ. Phil. Nat. Lib. II. Theo. 17. p. 301 edit. Lond. 1687). Nun stelle ich mir immer vor, daß Kant dem Newton eben so wenig wie Euklid der Bibel, wie eine Wahrheit der andern widersprechen darf. Es mußte sich also ein Mittel finden lassen beyde Meinungen zu vereinigen, das befriedigender wäre, als das was Kant selbst (Met. Anfangsg. der N. W. 2te Aufl. p. 80.) vorschlug. Der Wärmestoff ist Materie, muß sich den Gesetzen aller Materie unterwerfen, und kann daher, durch eine Verbindung mit anderer Materie nichts an diesen Gesetzen ändern. Verhalten sich die fliehenden

Kräfte der Luft allein, und des Wärmestoffes allein, umgekehrt wie die Würfel ihrer Entfernung; so muß, dünkt mich, die Auflösung aus beyden sich noch ferner nach diesem Gesetze richten.

Eben so konnte die Kantische Lehre von der Auflösung überhaupt sehr gemisdeutet werden, indem sie wirklich eine vollendete Theilung ins unendliche voraussetzen scheint: (Met. Anfangsg. d. N. W. 2te Auflage p. 97) welches wahrlich nicht angeht. — Man wird diese Lücken hoffentlich ziemlich ausgefüllt finden.

Den größten Einwurf gegen das dynamische System glaubt man aus dem Worte Kraft zu schöpfen, dessen es sich zur Erklärung der Naturerscheinungen bedient, und das man in unsern kräftigen Zeiten vielleicht mit recht fürchtet.

Man denkt hierbey immer an jene kryptischen Kräfte, mit denen die Scholastik die Naturlehre so reichlich beschenkt, aber eine bessere Philosophie ihr wieder entzogen hat. Allein ausser dafs der Scholastiker sich so viele Kräfte dachte, als er Wirkungen in der Natur antraf, und wir in der ganzen Naturlehre nur drey Grundkräfte verstaten; ausser dafs jener dadurch den Zweck alles Denkens und Forschens, Einheit in unsere Erkenntnifs zu bringen, hintertrieb, und wir ihn befördern; ausser diesem, ist die Bedeutung und der Gebrauch des Begriffes Kraft bey dem Dynamiker ganz etwas anders als bey dem Scholastiker. Indefs dieser unter dem Worte Kraft etwas verstand, das an und für sich deutlich seyn, und ihm zur Erklärung Einer Erscheinung dienen sollte, aber weder das eine war, noch das andere that; versteht jener etwas darunter, das er an und für sich nicht begreift, ihm aber zur Erklärung meh-

rerer Erscheinungen dient, und daher dem Forschungsgeiste noch ein weites Feld sowohl offen läßt, als ihm eins eröffnet. Ne demandez pas les pourquoi des pourquoi! war die Regel des Scholastikers; und da er bey jeder einzelnen Erscheinung stehen blieb, ohne mehrere derselben unter ein allgemeines Gesetz zu befassen; da er also zu jeder einzelnen Wirkung eine eigne Kraft als Ursache annahm: so enthielt die Antwort die er dem Wissbegierigen auf eine Frage ertheilte, nichts anders, als die umgekehrte Frage ohne Fragezeichen. Was ist die Ursache der Erfüllung des Raumes? Antwort: eine Raum erfüllende Ursache. Dieß führt nicht weiter.

Wie sich hingegen der Dynamiker die Sache vorstellt, nimmt er nur drey Ursachen an, von denen er gesteht, daß er sie weiter zu erklären, d. h. auf ein noch einfacheres Princip zurück

zu führen, nicht im Stande sey; aus denen aber jeder besondere Fall, wie das Besondere aus dem Allgemeinen sich herleiten läßt. Kraft heisst dem Dynamiker nichts als die gemeinschaftliche wirkende Ursache aller Erscheinungen, so weit sie à priori erkannt wird. Da gibt es dann nur drey Kräfte überhaupt, die aller Materie gemeinschaftlich zukommen, aus denen sich alle ihre Wirkungen erklären lassen, und die zur Vorstellung derselben nothwendig sind: zurückstossende, anziehende und Bewegung mittheilende Kraft.

Nur die zwey ersten gehen den Chymiker an: indem Mittheilung der Bewegung, selbst wenn sie, wie bey der Dampfmaschine, durch chymische Operationen hervorgebracht wird, in das Gebieth der Mechanik fällt. Aus diesen beyden Kräften lassen sich auch, so viel ich einsehe, alle Erscheinungen der Chymie erklären. Um so mehr wäre

es ein wahrer Gewinn für die Wissenschaft, wenn Herr Green die Gründe bekannt machen wollte, die ihn bestimmen, die Schwere für eine von der Attraction verschiedene Kraft zu halten. (Grundr. der Chymie §. 17.) Denn da er selbst vom Wärmestoff gesteht, dass er mit allen Körpern auf und in der Erde eine Verbindung eingehe, also sich ebenfalls nach dem Orte der grössern Gravitation begeben; so kann Herr Green den Wärmestoff nur dann für imponderabel halten, wenn er mit dem Worte Schwere einen andern, als den gewöhnlichen Begriff verbindet: eine Sache, die von diesem denkenden Manne gewiss nicht ohne Gründe geschieht, und um deren Bekanntmachung ihm der Wissbegierige Danck schuldig seyn wird.

Noch eins! Einer meiner Herren Zuhörer hat mir folgenden, gewiss scharfsinnigen Zweifel

gegen das Attractions-Gesetz gemacht, den ich hier mittheilen will, weil er vielleicht manchem auffallen könnte, der nicht immer Gelegenheit hätte ihn zu heben. — Wenn die Anziehung aller Körper wechselseitig ist, und sich nach der Quantität der Materie richtet; so müßte eine grössere Quantität Materie langsamer als eine geringere zur Erde fallen, weil das Verhältniß von Anziehungskraft der Erde und des Körpers, zu der Materie des Körpers, bey dem grössern Körper kleiner als bey dem kleinern ist: im Luft leeren Raum müßte der Ducaten später als die Feder zu Boden sinken.

In der That müßte dieß wirklich so seyn. Allein die Quantität der Materie der Erde verhält sich zu der eines noch so grossen Körpers auf derselben, wie etwas zu nichts, und die Kraft, die ihr durch die Attractions-Kraft des Körpers

erwächst, kann gar nicht in Anschlag gebracht werden. Die Grösse des größten Berges auf Erden, des Chimborasso's, verhält sich zu der der Erde, wörtlich genommen, wie der Unrath einer Fliege zu einer Kugel von drey Fuß Durchmesser, und daher verschwindet selbst diese ungeheure Quantität Materie gegen die der Erde.

Berlin, im März 1798.

VORLESUNGEN
über die
metaphysischen Anfangsgründe
der
NATURWISSENSCHAFT.

Erste Vorlesung.

I.

(Zweck des Werkes.)

1. **D**urch die besondere Beschaffenheit des Menschen, wodurch er zum Menschen wird, und die ihn von andern Wesen unterscheidet, ist er gezwungen, die Eindrücke, welche die Gegenstände auf seine Sinne machen, auf eine bestimmte, ihm eigenthümliche Art aufzunehmen, d. h. anzuschauen, und sie, nach geschehener Aufnahme zu verarbeiten, d. h. über sie zu denken.

2. Diese besondere, dem Menschen eigenthümliche Art (1) muß aber, eben weil sie allen Menschen zukommt, gewissen Gesetzen unterworfen seyn. Denn wenn sie gesetzlos wäre, wenn sie vom Zufall abhinge; so gäbe der nämliche Eindruck gar kein bestimmtes Bewußtseyn von demselben, und daher gar keine Erfahrung: heute würde ich, durch einen vom Lichte ausgehenden Strahl, die Vorstellung von einem Lichte, morgen vielleicht die von einem Krokodill erhalten.

3. Die Erkenntniss dieser für den Menschen unwandelbaren Gesetze von der Art wie er die Gegenstände anschauen und über sie denken, (1) d. h. wie er Erfahrung machen muß, nennt man eine Erkenntniss *à priori*.

4. Der Inbegriff mehrerer Erkenntnisse *à priori*, (3) systematisch geordnet, heißt eine Wissenschaft. In der That versteht man unter Wissenschaft eine Sammlung systematisch geordneter Sätze, die nothwendig sind. Nun aber können wir von keiner Erkenntniss ihre Nothwendigkeit oder Allgemeingültigkeit behaupten, als wenn wir wissen, daß sie auf die dem Menschen eigenthümlichen Beschaffenheit gegründet sey. Solche Erkenntnisse hießen aber *à priori*. (3). Folglich machen auch nur sie eine Wissenschaft aus.

5. Erkenntnisse *à priori*, (3) die sich bloß

mit den Gesetzen beschäftigen, wie der Mensch über die Gegenstände denken muß, heißen metaphysische Erkenntnisse, und der Inbegriff aller dieser Erkenntnisse, heißt Metaphysik.

6. Erkenntnisse *à priori*, (3) aber, die es mit den Gesetzen zu thun haben, die der Mensch beobachten muß, wenn er Dinge neben und nach einander anschauen soll, heißen mathematische Erkenntnisse, und der Inbegriff derselben heißt Mathematik.

7. Unter Wesen eines Dinges versteht man die vom Widerspruche freye Vorstellung, also bloß was zur Möglichkeit desselben gehört. So besteht das Wesen eines Dreyecks in der Möglichkeit, drey gerade Linien anschauen zu können, deren jede zwey größer als die dritte, und mit ihren Endpuncten verbunden sind; so das Wesen einer Windfahne in der Möglichkeit eine Wirkung zu denken, die der Wind, als Kraft, auf eine ihm dargebotene, und sich um eine ihrer Seiten bewegend Fläche ausüben kann.

8. Hingegen versteht man unter Natur eines Dinges alles, was wir uns von dem Dinge denken müssen, um die Art und Weise wie das Mannichfaltige desselben in ihm als Einheit wirklich da ist, begreifen zu können. So erkennen wir die Natur des Menschen, der Thiere u. s. w. wenn wir einsehen,

auf welche Weise das im Menschen, oder dem Thiere vereinigte Mannichfaltige wirklich vorhanden ist.

9. Die Erfahrung kann uns zwar zeigen, welche Theile zum Ganzen eines Dinges gehören: ihre Wirkung hingegen auf einander nach dem Gesetze der Causalität, und die daraus entspringende Zusammennehmung aller Theile zu einem Ganzen, — dieses ist stets eine Einsicht, die der Mensch, nach den Gesetzen seines Denkvermögens allein, erlangen kann. Folglich setzt die Erkenntniß der Natur eines Dinges (8) stets Metaphysik (5) voraus.

II.

10. Außer der (8) angezeigten Bedeutung des Wortes Natur, versteht man auch den Begriff aller wirklich vorhandenen Dinge darunter, so weit sie Gegenstände unserer Erfahrung werden können.

11. In diesem Sinne wird das Wort Natur nicht in Bezug auf unser Denkvermögen, nicht so genommen, als wollten wir ihre Einheit nach den Gesetzen unseres Denkvermögens erforschen; sondern bloß als etwas, das unabhängig von unserm Denkvermögen existirt, als ein Aggregat von Theilen ohne Verbindung und Einheit, als ein Ding wie jedes andere Ding.

12. Untersucht man daher, wie dieses

Aggregat von mannichfaltigen Theilen in dem Dinge Natur genannt, (10. 11.) als Einheit existirend, von uns gedacht werden müsse; so will man die Natur der Natur (8. 10.) kennen lernen. Solcher Gestalt setzt auch diese Erkenntniß Metaphysik voraus. (5. 9.)

III.

13. Da die Natur der Inbegriff alles dessen ist, was Gegenstand unserer Erfahrung werden kann; (10) so läßt sich die Naturlehre in zwey Theile zerlegen, und zwar nach der Verschiedenheit der Sinne, durch welche wir die Erfahrungen bekommen. Daher soll die Lehre von den Erfahrungen, die uns die äußeren Sinne zuführen, die Körperlehre, so wie die, deren Erfahrung uns der innere Sinn liefert, die Seelenlehre heißen.

14. Um die Natur eines Dinges (8) zu erkennen, müssen wir alles wissen, was zu dem Daseyn desselben gehört. Nun aber erkennt man noch nicht alles, was zum Daseyn eines Dinges gehört, wenn man weiß, welche Theile in ihm enthalten sind; man muß auch wissen, wie sie neben einander im Raume verbunden sind, und wie sie nacheinander in der Zeit, nach unwandelbaren Gesetzen, folgen. Folglich gehört zur Erkenntniß der Natur eines Dinges, (8) und mithin auch der Natur der Natur (12) Mathematik. (6).

15. Von dem Theile der Natur (10) also, von dem wir, nicht nur eine metaphysische, sondern auch mathematische Erkenntniß besitzen, läßt sich eine Wissenschaft seiner Natur erwarten: (3. 8. 14.) von der Körperlehre (13) also. Hingegen da wir durch die Erfahrungen des innern Sinnes wohl so manche Theile kennen, die zum Objecte dieses Sinnes, der Seele nähmlich gehören, aber bey weitem nicht wissen, wie sie nothwendig neben und nach einander existiren; so haben wir auch noch keine vollständige Erkenntniß von ihrer Natur, und daher erhebt sich die Seelenlehre auch noch nicht zu dem Range einer Wissenschaft.

16. Ehe man aber einsehen lernt, wie gewisse Theile eines Ganzen neben und nach einander existiren, muß man doch auch wissen, welche Vorstellung man sich von diesen Theilen zu machen habe, und wie die Gesetze ihres Neben- und Nacheinanderseyns sich daraus mit Nothwendigkeit ableiten lassen. Ehe man also die Mathematik auf die Körperlehre anwenden kann, muß man wissen, was man unter Körpern, und unter Materie, als dem einzigen Bestandtheile des Naturkörpers, zu verstehen habe. Man muß daher ebenfalls hierinn wiederum zur Metaphysik seine Zuflucht nehmen.

17. Die Untersuchung also über das, was

der Mensch, als solcher, von der Natur der Körper denken müsse, wenn es ihm möglich fallen soll, eine wahre wissenschaftliche Körperlehre zu erhalten, macht den Gegenstand der metaphysischen Anfangsgründe der Naturwissenschaft aus.

IV.

18. Da hier nun die Art und Weise untersucht werden soll, wie wir uns die Körper, oder ihre Bestandtheile, die Materie denken müssen, jedes Denken aber ein Urtheil voraus setzt; so wird die Vorstellung, die wir uns von der Materie machen, anders ausfallen, je nachdem wir sie als bloße Quantität, als Qualität, oder ihre Relation gegen einander, und ihre Modalität zum Vorstellungsvermögen erwägen. Folglich wird diese Vorstellung nicht eher vollständig seyn, als bis wir sie nach allen den vier Arten betrachtet haben, in denen allein sich ein Urtheil von dem andern unterscheidet.

19. Nun aber ist das erste, was sich der Mensch von der Materie vorstellen muß, daß sie eine Fähigkeit besitze, auf seine Sinne zu wirken; und diese Fähigkeiten kann er sich abermahls nur denken, wenn er sich vorstellt, daß der Materie Bewegung zukommt. Denn jede Wirkung ist eine Veränderung, und körperliche Veränderung, mit den äußeren Sin-

nen wahrgenommen, heißt Bewegung. Daher wird diese erste Grundbestimmung der Materie, die Bewegung nämlich, nach den vier Titeln der Urtheile abgehandelt werden müssen.

20. Wir werden also betrachten:

- a) in der Phoronomie, die Bewegung der Materie bloß als reines Quantum, ohne alle weitere Qualität als die der Zusammensetzung von mehreren Bewegungen zu einer Einheit;
- b) in der Dynamik, die Materie in so fern ihr die Qualität der Beweglichkeit, oder einer ursprünglich bewegenden Kraft zukommt;
- c) in der Mechanik, die Materie wie sie, durch ihre ursprünglich bewegende Kraft, gegen andere Materie in Relation stehe; endlich
- d) in der Phänomenologie, die Materie in Bewegung oder in Ruhe nach ihrer Modalität, d. h. in Beziehung auf unser Vorstellungsvermögen, als durch welches allein sie Gegenstand unserer äußeren Sinne werden kann.

Zweite Vorlesung.

(Phoronomie, oder die Größenlehre
der Bewegung.)

I.

21. Bewegung eines Dinges ist die Veränderung der äusseren Verhältnisse desselben zu einem gegebenen Punkte im Raume. So hat die Erde eine Bewegung um ihre Axe, indem sie in jedem Augenblicke einem gewissen Fixstern einen andern Punkt ihrer Oberfläche darbiethet.

22. Die gewöhnliche Erklärung lautet: Bewegung ist Veränderung des Orts. Aber da in der Phoronomie (**20, a**) nur von der Zusammensetzung der Bewegung gesprochen, und gar keine Hinsicht auf die Grösse des bewegten Körpers genommen werden soll; so kann hier auch gar nicht die Rede von der Ortveränderung seyn, indem die Bewegung eines Körpers sich sehr gut ohne Veränderung seines mathematischen Ortes denken läßt. So bewegt sich in der That jede Kugel um ihre Axe, und verändert ihren eigentlich mathematischen Ort, ihren Mittelpunkt nämlich, dennoch nicht. Wohl aber verändern sich ihre äusseren Verhältnisse zu einem gegebenen Punkte im Raume.

23. Die Bewegung wird eingetheilt, in:
 1) drehende, wenn sich nur die äusseren Verhältnisse der Körper, nicht sie selbst den Ort verändern; 2) fortschreitende mit Erweiterung des Raumes, oder, auf einem gewissen Raum eingeschränkte. Zu der ersten gehören alle nicht in sich zurückkehrenden, zu der zweyten, alle in sich zurückkehrenden Bewegungen. Diese sind abermahls entweder schwankend oder kreisförmig. Schwankend, wenn der bewegte Körper den eingeschränkten Raum, den er Ein Mahl beschrieben hat, nicht nochmahls beschreiben kann, ohne die der vorigen gerade entgegengesetzte Richtung einzuschlagen; kreisförmig, wenn der schon durchlaufene Raum zum zweyten Mahle, zwar mit veränderter, aber nicht gerade entgegengesetzter Richtung beschrieben wird. Ein Pendul schwankt hin und her, und beschreibt seinen Raum aufs neue, wenn es in die gerade entgegengesetzte Richtung tritt. Die Schaufel an einem Wasserrade beschreibt den zurückgelegten Weg aufs neue, wenn sie die Richtung verläßt, die sie einen Augenblick zuvor gehabt hat, ohne jedoch in eine dieser gerade entgegengesetzten überzugehen.

II.

24. Materie, in metaphysischer Bedeu-

tung, heisst jeder Gegenstand äusserer Sinne. Nun aber kann erstlich nichts ein Gegenstand äusserer Sinne, werden, als was Bewegung hat; (19) und zweytens muss jeder Gegenstand äusserer Sinne im Raume angeschaut werden. Folglich heisst Materie, in phoronomischer Bedeutung, das Bewegliche im Raume.

25. Da hier gar keine andere Eigenschaft der Materie (24) als die Geschwindigkeit und Richtung ihrer Bewegung erwogen werden soll; so kann es uns auch gar nicht darum zu thun seyn, den mit Materie angefüllten Raum von dem unangefüllten zu unterscheiden: in beyden Fällen wird uns bloß die äussere Form des Beweglichen, der Raum nämlich den es einnimmt, die Vorstellung von Materie in phoronomischer Bedeutung gewähren. Daher heisse ein beweglicher Raum, ein materieller Raum.

26. Jeder materielle Raum (25) ist aber bloß ein relativer Raum: er bezieht sich auf einen andern Raum, in dem er sich bewegt. Denn wenn wir, wie hier geschieht, den Körper bloß als mathematischen Körper, und also bloß als ausgedehnten Raum betrachten; so bewegt sich, indem der Körper sich bewegt, ein kleiner Raum in einem grössern. Ein Kasten, der in einem Zimmer fortgeschoben wird, ist, wenn wir nur die Bewegung betrachten, ein Raum, der sich in einem Raume bewegt.

27. Der Raum, worinn sich etwas bewegt, kann, in Hinsicht auf das in ihm Bewegliche, der absolute Raum genannt werden: wie z. B. der Raum des Zimmers in Bezug auf den des Kastens.

28. Einen vollkommen absoluten Raum aber kann es für uns nicht geben; oder mit andern Worten, ein Raum, in dem alle Bewegung vorgeht, und der an und für sich nicht bewegt ist, kann kein Gegenstand unserer Erfahrung werden. Denn alles, was ein Gegenstand unserer Erfahrung werden soll, muß eine Veränderung auf unsere Sinne durch Bewegung hervorbringen (19). Nun aber soll der vollkommen absolute Raum unbeweglich seyn. Folglich ist jeder Raum, in so fern er Gegenstand der Erfahrung werden kann, bloß ein relativer Raum (26).

29. Da nun Bewegung eines Dinges nichts anders ist, als die Veränderung der äusseren Verhältnisse desselben, zu einem gegebenen Punkte im Raume (21), dieser Raum aber selbst bewegt seyn muß (28); so können wir auch das Quantum der Bewegung nicht an und für sich, sondern bloß in Hinsicht auf den als absolut gedachten, (27) aber in der That bewegten Raum, bestimmen. Folglich ist alle Bewegung bloß relativ. Die Bewegung eines Menschen, der in einem Schiffe von vorne nach hinten zu geht, hat in Bezug auf das

als ruhig gedachte Schiff ein bestimmtes Quantum. Bewegt sich aber das Schiff selbst; so verändert sich auch das Quantum der Bewegung des Menschen in Bezug auf das Ufer: und so ist ins Unendliche die Bewegung stets relative, nicht absolute zu betrachten.

III.

30. Unter beharrlich versteht man die Eigenschaft der Dauer eines Dinges während einer Zeit.

31. Ruhe ist die beharrliche (30) Gegenwart (*praesentia perdurabilis*) an demselben Orte.

32. Die gewöhnliche Erklärung der Ruhe, daß sie Mangel aller Bewegung sey, führt auf eine Schwierigkeit, die nur durch die (31) gegebne Erklärung gehoben wird. Denn setzen wir, ein Körper beschreibe mit gleichförmiger Geschwindigkeit die Länge meines Zimmers in einer Zeit von fünf Minuten, und kehre dann sogleich auf seinem Wege zurück; so sieht man deutlich ein, daß er, wenn er anstatt umzudrehen, weiter fortgegangen wäre, mit der nämlichen Geschwindigkeit, in der ganzen Zeit von zehn Minuten, eine Linie hätte beschreiben können, die zwey Mahl so lang gewesen wäre, als die Länge meines Zimmers. Wenn also Ruhe Mangel an Bewegung ist; so entsteht die Frage: was that der

Körper als er das Ende des Zimmers erreichte? Antwort: er bewegte sich; denn wofern er einen Augenblick ruhen sollte, so wäre dieser Augenblick verloren gegangen, und er hätte, bey fortgesetzter Bewegung in der nämlichen Richtung, den doppelt so grossen Weg nicht beschreiben können. Also muß er sich bewegen. — Nun setzen wir, ein Stein werde in die Höhe geworfen. Sobald der Eindruck, den ihm der Stoss beygebracht hat, aufhört, fällt er, wie man weiß, wieder herunter. Was thut nun der Stein in dem letzten Augenblicke des Steigens und in dem ersten des Fallens? Antwort: er ruhete; denn der Eindruck des Stosses hatte damahls schon aufgehört, und die Einwirkung der Schwere noch nicht angefangen. — Aber gilt nicht die nämliche Behauptung von dem ersten Falle? Auch hier hatte, in dem Augenblicke des Umkehrens, der Eindruck aufgehört, wodurch der Körper das Zimmer hinaufging, und der noch nicht angefangen, wodurch er es wieder hinabging; und doch waren wir gezwungen zu behaupten, daß der Körper sich in diesem Augenblicke bewege.

33. Allein durch unsere Erklärung der Ruhe (31) fällt diese Schwierigkeit von selbst weg. Denn nun heisst Ruhe nichts anders, als die beharrliche Gegenwart eines Körpers an einem Orte; und da zeigt sich die vollkom-

mene Uebereinstimmung in beyden Fällen. Ein in die Höhe steigender Körper steigt bekannter Maassen mit gleichförmig verzögerter Geschwindigkeit, d. h. die Geschwindigkeit nimmt bis auf einen unendlich kleinen Grad ab, ohne deshalb gleich Null zu werden. Würde nun die Richtung des steigenden Körpers von der verticalen Linie, in der er hinaufsteigt, in eine horizontale verwandelt; so könnte der Körper mit der unendlich kleinen Geschwindigkeit die er noch besitzt, einen unendlich kleinen Raum durchlaufen. Aber da er seine verticale Richtung behält; so kann er mit der ihm noch zukommenden Geschwindigkeit wenigstens nicht mehr steigen, und wir heissen ihn ruhig, weil er in seinem Orte beharren müßte, wenn die Schwere ihn nicht zum Herunterfallen triebe. Also an und für sich ist die Geschwindigkeit des steigenden Körpers, hier so wenig als im ersten Falle, in dem letzten Augenblicke gleich Null. Nur weil hier dadurch keine Wirkung hervorgebracht wird, also der Körper an seinem Orte beharrt, sagen wir, er ruhe; da er hingegen im ersten Falle mit dieser unendlich kleinen Geschwindigkeit wirklich fortgehen könnte, wenn er nicht zurückgetrieben würde, so brauchte er auch nicht an seinem Orte zu beharren, und wir denken uns ihn in Bewegung.

34. Die algebraische Bezeichnungskunst

biethet uns ein Mittel an die Hand, diesen schwierigen Satz kürzer und faßlicher darzustellen. Der gleichförmig bewegte Körper rückt in jeder Zeit $= dt$, um den Raum ds fort. Daher könnte er, wenn er am Ende seiner Laufbahn nicht gezwungen wäre, von der positiven Richtung die er hatte, in die negative gleich überzugehen, mit der Geschwindigkeit dc die ihm übrig bleibt, einen Raum ds in der Zeit dt zurücklegen. Da nun, wenn dieß geschehen kann, der Körper als bewegt vorgestellt wird; so sagen wir auch der Körper sey im Augenblicke des Umkehrens in Bewegung. Hingegen ist bey der gleichförmig verzögerten Bewegung $s = \frac{1}{t^2}$, daher könnte der Körper mit der Geschwindigkeit dc die er im letzten Augenblick behält, in der Zeit dt nur $(ds)^{\frac{1}{2}}$ steigen: eine Bewegung, die, obgleich an und für sich nicht $= 0$, doch in Bezug auf die gleichförmige Bewegung, bey der er mit dc in dt einen Weg ds zurücklegt, verschwindet, d. h. die wir für Beharrlichkeit an seinem Orte halten.

Dritte Vorlesung.

(Vorbereitung zur Zusammensetzung der Bewegung.)

I.

35. Dain der Phoronomie die Größenlehre der Bewegung aufgestellt werden soll (19, a)

so

so können hier keine andere Sätze vorkommen als solche, die sich aus der Bewegung und ihrer Grösse ableiten lassen. Da haben wir dann keine andere als folgende Sätze:

a) Jede Bewegung hat einen gewissen Grad der Geschwindigkeit: d. h. sie läuft einen gegebenen Raum in einer gewissen Zeit durch.

b) Dieser Grad der Geschwindigkeit kann, weil wir ihn uns als Grösse vorstellen, vermehrt oder vermindert werden: d. h. durch eine hinzukommende Bewegung zunehmen, durch eine davon hinweg genommene Bewegung abnehmen.

c) Da die Materie in ihrer Bewegung einen gegebenen Raum durchläuft; so kann sie diesen Raum entweder in der ganzen Zeit durch welche die Bewegung dauert, in der nämlichen Richtung beschreiben, oder die Beschreibung desselben geschieht in verschiedenen Richtungen.

36. Kann man nun aus dem Begriffe der Bewegung selbst die Vorstellung herleiten, welche man mit der Abänderung der Geschwindigkeit und der Richtung verbinden müsse; so werden Sätze, die dies leisten, rein phoronomische Sätze seyn. Hingegen wenn man, wie das gewöhnlich geschieht, die Abänderung der Geschwindigkeit und der Richtung nur aus dem Hinzukommen äußerer Ur-

sachen, äusserer Kräfte, als Druck und Stoss erklärt; so wird dieß Verfahren freylich die Mittel anzeigen, wodurch diese Abänderung wirklich werde, bey weitem aber nicht, wie sie an sich möglich sey. Gerade so wie in der Geometrie. Je weiter ich die Schenkel eines Zirkel-Instruments durch die Kraft meiner Finger auseinander ziehe, desto gröfser wird auch der zwischen ihnen liegende Winkel: dieß hat Bezug auf die Wirklichkeit. Hätte ich aber keine nothwendige Anschauung von dem, was Vergrößerung eines Winkels durch Hinzufetzung des Gleichartigen sey; so könnte ich auch gar nicht die Möglichkeit dieser wirklichen Vergrößerung durch Kräfte einsehen. Den physischen Begriffen von wirklicher Abänderung der Bewegung durch Kräfte, muß eine reine nothwendige Anschauung vorangehen, die es möglich macht, uns diese wirkliche Abänderung vorzustellen.

37. Nach dieser Vorbereitung wird man leicht verstehen, was der Ausdruck sagt: die Bewegung eines Punctes ist zusammenge setzt, wenn wir uns vorstellen, dafs in ihr mehrere Bewegungen des nähmlichen Punctes verbunden sind. Sie sind aber in ihr verbunden, wenn es in der Bewegung, die aus der Verbindung entsteht, sichtbar wird, dafs jede einzelne derselben das geleistet hat, was sie außer der Verbindung allein geleistet haben würde.

38. Die zusammengesetzte Bewegung (37) wird construirt, wenn man die Bedingungen zeigt, wodurch sie eine äussere Anschauung werden kann, und sie daher in einer nothwendigen Anschauung *à priori* darstellt. So wird ebenfalls der Begriff eines Dreyecks construirt, wenn man die Bedingungen zeigt, unter welchen ein Dreyeck darzustellen möglich ist: d. h. wie wir es *à priori* anschauen müssen, um eine Vorstellung von ihm zu haben.

II.

39. Ehe wir nun die Construction der Zusammengesetzten Bewegung (38) vornehmen, müssen wir folgenden Satz voranschicken. Die Vorstellung von der Richtung und der Geschwindigkeit einer geradlinigen Bewegung wird nicht abgeändert, ein Körper mag seine äussere Verhältnisse gegen einen ruhigen Punct verändern, oder der Körper selbst mag ruhen und der Punct sich in entgegengesetzter Richtung bewegen. So ist es gleichviel für die Vorstellung von Bewegung, ob ich mich von einem andern Menschen in der Richtung von Osten nach Westen entferne, oder ob er sich von mir in der Richtung von Westen nach Osten entfernt.

40. Der Grund zu dieser Erscheinung ist sehr einleuchtend. Denn wir bekommen die Vorstellung von einer Bewegung nur dann,

wenn sich die äusseren Verhältnisse des Dinges zu einem gegebenen Punkte im Raume verändern (21). Setzen wir nun, daß eine Linie von einem Punkte A nach einem Punkte B gezogen, senkrecht auf der Fläche stehe, worinn B sich befindet. Mag nun A sich von rechts nach links, oder B in entgegengesetzter Richtung bewegen; alle Mahl wird der Winkel, den die Linie AB mit der Fläche von B macht, der nämliche, und daher die Veränderung von A gegen B die nämliche bleiben.

41, In Bezug auf die Vorstellung der Bewegung, ist dieser Satz (39) alle Mahl richtig, die Bewegung mag gerad- oder krummlinig seyn, indem der Beweis (40) auf beyde Arten paßt. So ist es auch, in Betracht des hervorgebrachten Scheins, in der That einerley, ob die Sonne sich von Osten nach Westen, oder die Erde sich um ihre Axe von Westen nach Osten bewegt. Wir mußten aber dennoch die Allgemeinheit dieses Satzes auf die geradlinige Bewegung (39) beschränken, weil die Vorstellung einer krummlinigen Bewegung, wie wir weiter unten (68) sehen werden, gar keine phoronomische Vorstellung ist, und erst in die Mechanik gehört.

42. Die Zusammensetzung mehrerer Bewegungen läßt sich auf die von zwey Bewegungen zurückführen. Denn wenn man zeigen soll, wie aus mehreren Bewegungen A ,

B, *C*, etc. eine einzige entstehe; so braucht man nur erst die Zusammensetzung von *A* und *B* darzuthun. Entsteht daraus die zusammengesetzte Bewegung *P*; so setze man diese mit *C* zusammen, woraus *Q* entstehen wird. Diese abermahls mit *D*, und so ins unendliche.

III.

43. Zwéy Bewegungen, die an einem und dem nämlichen Punkte zu gleicher Zeit angetroffen werden, haben entweder einerley, oder verschiedene Richtungen; und die verschiedenen Richtungen sind abermahls entweder einander gerade entgegen gesetzt, oder sie sind es nicht, und schliessen einen Winkel ein. Folglich wird es nur drey Sätze von der Zusammensetzung der Bewegung geben.

44. Die Verschiedenheit in der Geschwindigkeit, die beyden Bewegungen zukommt, kann keine besonderen Lehrrsätze erfordern. Denn da die Geschwindigkeit, als eine Vorstellung des innern Sinnes, sich auf einen Zahlenbegriff zurückführen läßt; so weiß man schon aus der Arithmetik, wie man verschiedene Zahlen, und mithin auch verschiedene Geschwindigkeiten zusammensetzen müsse. Hingegen gehört die Vorstellung von Richtung zu denen der reinen Geometrie, und da diese für die Zusammensetzung einer Richtung aus vielen keine Lehrrsätze aufzuweisen hat; so müs-

sen solche in der Phoronomie aufgestellt werden.

45. Zu der richtigen Vorstellung von der Zusammensetzung zweyer Bewegungen ist es nicht hinreichend, wenn man sich denkt, ein einziger Punct verbinde beyde Bewegungen in sich, und die Veränderung, die aus der Verbindung entspringt, bestehe bloß darinn, daß der Raum, den der bewegte Punct mit jeder einzelnen Bewegung beschrieben hätte, durch die Zusammensetzung verändert, d. h. vergrößert oder verkleinert werde.

46. Wir wollen alle drey oben (43) erwähnte Fälle dieses Satzes durchgehen. — Der erste Fall ist nun, wenn die Bewegungen, die zusammengesetzt werden sollen, einerley Richtung haben, und also eine die andere vermehrt. Setzen wir nun, ein Punct *P* durchlaufe in der Zeit von einer Stunde den Raum einer Meile. Mit einer andern Geschwindigkeit hingegen könnte er in eben dieser Zeit zwey Meilen zurücklegen; so wird er, nach gewöhnlichen Begriffen, durch die Verbindung beyder Geschwindigkeiten, in einer Stunde drey Meilen, also die erste Meile in zwanzig, die zwey letzten in vierzig Minuten beschreiben. Dieses thut aber dem Begriffe von der Zusammensetzung der Bewegung kein Genüge; denn dieser fordert, (37) daß der Antheil, den jede Geschwindigkeit an der

jetzigen Bewegung hat, gerade so dargestellt werde, als sie vor der Verbindung sich zeigte. Dem zu Folge müßte die erste Meile in einer Stunde, und die zwey letzten ebenfalls in einer Stunde zurückgelegt werden, welches aber nicht angeht.

47. Eine ähnliche Bewandniß hat es mit dem zweyten Falle, wenn nämlich die Bewegungen gerade entgegengesetzte Richtungen einschlagen, und sich also wechselseitig vermindern. — Denn setzen wir, der Punct *P* könnte mit einer gewissen Geschwindigkeit den Weg einer Meile nach der Richtung von rechts nach links in einer Stunde, und mit einer andern Geschwindigkeit in eben dieser Zeit zwey Meilen von links nach rechts zurücklegen; so würde er, wenn beyde Bewegungen sich in ihm vereinigten, in einer Stunde eine Meile in der Richtung von links nach rechts durchlaufen. Dieses stellte abermahls den Begriff einer Zusammensetzung nicht dar, indem hier keine der Bewegungen, die der Punct *P* vor der Verbindung hatte, sichtlich wird.

48. Was den dritten Fall betrifft, wenn die Richtungen der Bewegungen einen Winkel einschliessen; so kann, nach der Zusammensetzung der Bewegung, der Punct *P* weder in der einen, noch in der andern Richtung bleiben, indem sie sich wechselseitig Abbruch

thun, ohne sich aufzuheben. Er wird daher eine ganz neue, von beyden verschiedene Richtung einschlagen müssen; aber dadurch wird hinwiederum keine der Richtungen dargestellt, die der Punct P vor der Zusammensetzung der Bewegung einschlagen wollte.

49. Durch algebraische Zeichen lassen sich alle drey Fälle zusammen fassen, und die Schwierigkeit folgender Gestalt darstellen. Der Punct P habe eine Geschwindigkeit $= C$ mit der er in der Zeit $= T$ den Raum $= S$ durchläuft. Mit der Geschwindigkeit $= c$ könnte er den Raum $= s$, in der Zeit $= t$ durchlaufen. Nun drücke man die Größen C und c durch zwey Linien aus, die sich in ihren Endpuncten unter dem variablen Winkel $= \varphi$ schneiden; so wird, wenn wir die Geschwindigkeit, die der Punct P durch die Verbindung beyder erhält, G nennen, nach bekannten Regeln seyn $G^2 = C^2 + c^2 + 2 C c \text{ Cos } \varphi$. Diese Formel enthält nun alle drey Fälle. Denn wenn $\varphi = 0$ ist, fallen beyde Linien zusammen, und eine Geschwindigkeit verstärkt die andere, weil sie mit ihr einerley Richtung hat. Alsdann ist aber $\text{Cos } \varphi = 1$ und daher $G = C + c = \frac{S}{T} + \frac{s}{t}$. Wird hingegen $\varphi = 180^\circ$ gesetzt, so machen die beyden Richtungen eine gerade Linie aus, und die Geschwindigkeiten sind sich entgegengesetzt. Alsdann ist $\text{Cos } \varphi = -1$, und $G = C - c = \frac{S}{T} - \frac{s}{t}$. Soll nun die

Construction diesen Formeln vollkommen entsprechen; so muß der Punct P , nach der Zusammensetzung, anfänglich die Geschwindigkeit $\frac{s}{T}$, und dann die Geschwindigkeit $\pm \frac{s}{t}$ erhalten, da er doch in der That den ganzen Weg mit der Geschwindigkeit $\frac{st \pm sT}{Tt}$ durchläuft,

IV.

(Zusammensetzung der Bewegungen.)

50. Zu der richtigen Vorstellung von der Zusammensetzung der Bewegung muß man die zwey in Einem Puncte P als vereinigt gedachte Bewegungen dergestalt vertheilen, daß er selbst mit Einer von diesen Bewegungen eine gewisse Richtung beschreibt, indess ein anderer Punct im Raume, auf den die ganze Bewegung bezogen wird, (21) mit der andern Bewegung die entgegengesetzte Richtung einschlägt.

51. Daß durch diese Vorstellungsart die Vorstellung von der Bewegung des Punctes P nicht abgeändert werde, ist, im allgemeinen, oben (39) schon gezeigt worden. Hier müssen wir also nur noch alle drey Fälle ins besondere durchgehen, und darthun, daß dadurch die Schwierigkeiten wegfallen, die wir in der gewöhnlichen Vorstellungsart fanden.

52. Ein Reiter am Ufer eines Flusses habe die Geschwindigkeit in einer Stunde eine Meile

zurücklegen zu können. Seine Bewegung werde auf ein Schiff auf dem Flusse bezogen, das in eben dieser Zeit zwey Meilen, aber in entgegengesetzter Richtung mache. Nach Verlauf von einer Stunde ist der Reiter vom Schiffe drey Meilen entfernt, und zwar hat er diese Entfernung durch die Zusammensetzung der Bewegungen beyder erlangt. Denkt man sich beyde Bewegungen in dem Reiter verbunden, und also das Schiff ganz ruhig; so hat der Reiter, in Bezug auf das Schiff, eine Geschwindigkeit, mit der er drey Meilen in einer Stunde zurücklegt. Hier wird aber in der That die erste Meile vom Reiter in einer Stunde, und die zwey andern Meilen vom Schiffe in zwey Stunden, also das Ganze nach der Verbindung beyder Bewegungen eben so zurückgelegt, als vor derselben.

53. Desgleichen wenn der Reiter die Richtung des Schiffes hat, werden beyde, nach Verlauf von einer Stunde, um eine Meile von einander entfernt seyn; oder man wird sagen, durch die Verbindung beyder Geschwindigkeiten habe das Schiff von seiner ersten Geschwindigkeit verloren, und eine solche erhalten, wodurch es in einer Stunde eine Meile zurücklegt, oder sich vom Reiter, als auf welchen seine Bewegung bezogen wird, entfernt. Aber auch hier sind die einzelnen Geschwindigkeiten durch die Verbindung nicht verändert, und nach derselben eben so dargestellt worden, als sie vor derselben waren.

54. Was nun den dritten Fall betrifft; so denke man sich einen Menschen, der an eine viereckige verticale Tafel von links nach rechts eine horizontale Linie in eben der Zeit beschreibt, in der sich die Tafel immer in verticaler Richtung in die Höhe bewegt. Da der Mensch bey der Beschreibung seiner Linie die Richtung nicht ändert; so wird er, durch die Zusammensetzung seiner Bewegung mit der der Tafel, die Diagonale der Tafel durchlaufen: eine von beyden verschiedene Richtung, ohne dafs beyde Bewegungen, aus denen die neue zusammengesetzt ist, weder aus der Richtung, noch aus ihrer Linie herausgekommen sind.

55. Lassen wir nun die Beyspiele fahren, und stellen uns blofs einen Punct P vor, dem wir die ganze Bewegung zuschreiben, und einen andern Punct Q , auf den wir sie beziehen. Wird nun die ganze Bewegung, nach Anleitung der Beyspiele, zwischen P und Q vertheilt; so sieht man die Bedingungen ein, wodurch es möglich wird, dafs zwey Bewegungen, ohne sich im mindesten zu ändern, dennoch, in dem Puncte P als verbunden gedacht, nach der Zusammensetzung eine ganz andere Erscheinung, als vor derselben, hervorbringen. Dadurch aber, dafs man die Bedingungen der Möglichkeit einer zusammengesetzten Bewegung einsieht, ohne zu äusseren

Kräften seine Zuflucht zu nehmen, wird sie construirt. (38) Folglich wird unsere Vorstellungsart uns die Construction der zusammengesetzten Bewegung gezeigt haben.

56. Es ist aber alle Verschiedenheit, die wir mit der Bewegung, als Quantität betrachtet, vornehmen können, darauf beschränkt, daß die ganze Quantität der in einem Puncte vereinigten Bewegungen, entweder einerley, oder entgegengesetzte, (viele) oder endlich unbestimmt welche (alle) Richtungen haben. (43) Dieses machen aber die drey Fälle aus, die wir betrachtet haben. Folglich sind das auch alle Sätze gewesen, die in die Phronomie gehören.

Vierte Vorlesung.

(Andere Ausführung des vorigen.)

I.

57. Zum Schlusse dieses Hauptstückes wollen wir, zur deutlicheren Verständniß des bisher Gesagten, den Grund, weshalb man bey der Zusammenfassung der Bewegung die ganze Bewegung zwischen dem bewegten Punct, und dem vertheilen müsse, auf den die Bewegung bezogen wird, noch auf eine andere Art vortragen.

58. Wie man sich die Zusammenfassung

der Bewegung gewöhnlich begreiflich macht, und die ganze Bewegung in dem Einem Puncte *P* wirklich vereinigt denkt, hat man dazu kein anderes Mittel, als Kräfte anzunehmen, die auf den Punct *P* zusammen wirken, und sich wechselseitig einander entweder Vorschub oder Abbruch thun. So kann ein Schiff, als Punct betrachtet, durch Ruder und durch Segel getrieben, entweder mit dem Winde, oder gegen denselben, oder mit halben Winde fahren. Im ersten Falle wird durch die Zusammensetzung der bewegenden Kräfte die Geschwindigkeit des Schiffes vermehrt, und die Richtung beybehalten; im zweyten die Geschwindigkeit vermindert, und die Richtung der Bewegung des Schiffes, durch die Kraft des Windes, aufgehoben; im dritten Falle die Summa der Geschwindigkeit beyder Kräfte ebenfalls verändert, und die Richtungen beyder abgeändert.

59. Allein da wir hier in dieser Vorstellungsart stets einen und den nämlichen Punct in Bewegung setzen, und daher zwey Kräfte zur Hervorbringung der zusammengesetzten Bewegung brauchen müssen; so entsteht die Frage, welchen Begriff haben wir von der Verbindung von Kräften, oder mit andern Worten, wie geht eine Kraft zu einer andern so über, daß sie dieselbe vergrößert oder verkleinert?

60. In der That haben wir davon wirklich keinen Begriff, sondern wir schliessen nur auf Veränderung der Kraft als Ursache, durch Veränderung der Bewegung als Wirkung: Erscheinungen als Ursache, von denen wir homogene Wirkungen beobachtet haben, werden von uns, in Bezug auf diese ihre Wirkungen, als homogene Kräfte betrachtet, die sich, wie alles Gleichartige, zu einer einzigen Grösse zusammensetzen lassen. So sehen wir, dass Wind und Ruder ein Schiff bewegen, so ebenfalls, dass Sonne und Flamme das Quecksilber ausdehnen können; und in Bezug auf diese gleichartigen Wirkungen, halten wir Wind und Ruder, Sonne und Flamme, so ungleichartig sie an sich auch immer sind, doch für gleichartige Dinge, und verbinden sie zu einer einzigen Grösse.

61. Nun kann uns aber die Gleichartigkeit zweyer Wirkungen nicht anders als durch die Erfahrung bekannt werden, und daher auch nur dadurch die Gleichartigkeit der Kräfte. Wie will uns aber die Erfahrung über das Gesetz belehren, wie diese gleichartigen Theile zu einem Ganzen verbunden werden müssen?

62. Das braucht sie nicht, wird man sagen; sondern wenn wir die Gleichartigkeit zweyer Kräfte aus ihren Wirkungen erfahren haben, verbinden wir sie nach dem allgemeinen Gesetze aller Grössen. Allein dieß allge-

meine Gesetz reicht bey der Zusammensetzung der Bewegung nicht aus; denn es kommt hier nicht bloß auf Vergrößerung und Verkleinerung einer Bewegung durch die andere, sondern auch auf die daraus entstandene Richtung an. Die Vorstellung von Richtung aber, ist gar keine arithmetische, sondern bloß geometrische Vorstellung, und da läßt sich das allgemeine Gesetz von Verbindung der Größen überhaupt nicht brauchen. Entweder also die Sätze, die sich auf Abänderung der Richtung beziehen, sind bloße Erfahrungssätze, ohne alle innere Nothwendigkeit, und man sagt durch sie nichts, als: dieß oder jenes haben wir von der Abänderung der Richtung erfahren; oder, wofern diese Sätze auf geometrische Nothwendigkeit Anspruch machen sollen, müssen sie sich, wie alle geometrischen Lehrsätze, *à priori* construiren lassen. Das geht aber nach der gewöhnlichen Vorstellungsart gar nicht an. Denn weder die Veränderung selbst die eine Kraft durch die anderer erleidet, noch wie Kräfte wechselseitig ihre Richtungen verstärken, zernichten oder abändern, läßt sich durch Linien darstellen.

63. Ueberdieß sieht wohl jeder auch ohne Erinnerung ein, daß nach der gewöhnlichen Art die Zusammensetzung der Bewegung als Zusammensetzung von Kräften vorzustellen, bey der Verminderung der größern Kraft

durch die kleinere, stillschweigend der Satz vorausgesetzt wird: jede Wirkung ist der Gegenwirkung gleich. Denn ohne diesen Satz weiß man nicht einmahl um wie viel eine Kraft die andere vermindern wird, und daher auch nicht, wie groß man die Linien annehmen soll, die den Kräften entsprechend gedacht werden. Nun aber werden wir weiter unten zeigen, daß dieser Satz selbst seine Nothwendigkeit erst dann erhalte, wenn die Lehrsätze von der Zusammensetzung der Bewegung nothwendig sind. Ohne es also zu merken, dreht man sich, bey der Verminderung einer Bewegung durch die andere, und folglich, da alle zusammengesetzte Bewegung darauf zurückgeführt werden kann, (49) alle Mahl im Zirkel herum.

II.

64. Nach unserer Vorstellungsart aber, bekümmern wir uns weder um den Begriff Kraft, noch um den der Wirkung; sondern der Gang, den wir zur Darstellung der zusammengesetzten Bewegung einschlagen, ist summarisch folgender:

65. Jedes Ding, das Gegenstand unserer Sinne werden soll, muß Bewegung haben. (19) Nun ist es zwar für die Construction des Begriffes Bewegung sehr verschieden, ob sie nach rechts oder nach links geschieht; allein die
Größe

Gröfse selbst leidet nicht die mindeste Abänderung, ob wir sie uns, als von einem Puncte von rechts nach links zu, beschrieben denken, oder von einem andern Puncte, der diesen Weg, von links nach rechts zu, zurücklegt: alle Mahl wird die Linie gleich groß bleiben. Trifft nun beydes zu, bewegen sich wirklich zwey Puncte; so entspringt daraus für uns die Vorstellung einer zusammengesetzten Bewegung, sobald wir beyde Bewegungen in einem Puncte vereinigt denken; und sie entspringt nach Gesetzen, die oben gezeigt worden sind. (50. f.)

66. Hiebey braucht sich die Bewegung des einen Punctes nicht mit der des andern so zu verbinden, daß eine mit der andern gleichsam zusammenschmilzt; sondern, da sich wirklich zwey Puncte bewegen, verrichtet jeder für sich, nach wie vor sein Geschäft; aber dieses ihr beyderseitiges Geschäft vereinigt sich in unserer Vorstellung zu einem Ganzen, zu einer einzigen zusammengesetzten Bewegung. Und zwar wird hiebey nichts weiter vorausgesetzt, als was aus den Begriffen der Geometrie folgt, nämlich: eine Linie ist größer als zuvor, wenn ihre beyden Endpuncte weiter von einander stehen; sie ist kleiner, wenn die Endpuncte näher an einander gebracht werden; das ist eine Diagonale, deren End-

puncte in den gegenüberstehenden Winkeln eines Viereckes liegen.

67. Jetzt, da die Möglichkeit der Verbindung zweyer Bewegungen, unabhängig von aller Erfahrung, und mit strenger Nothwendigkeit eingesehen wird, ist die Anwendung auf Erfahrung sehr leicht. Haben wir erfahren, daß z. B. Wind und Ruder ein Schiff bewegen; so ist es für unsere Vorstellung von dieser Bewegung ganz einerley, ob das Schiff Strom ab, oder das Ufer Strom auf von ihnen getrieben wird. Je nachdem wir nun die Vermehrung oder Verminderung der Wirkung durch die Zusammensetzung der Kräfte bemerken, müssen wir diese einzelnen Wahrnehmungen unter das allgemeine Gesetz ordnen, und im ersten Falle die Forttreibung des Schiffes durch eine dieser Kräfte, den Wind z. B. in Zurücktreibung des Ufers; im zweyten Falle die Zurücktreibung des Schiffes durch den Wind, in eine Fortbewegung des Ufers verwandeln.

III.

68. Daher endlich, weil wir den Erfahrungsbegriff Kraft vermeiden wollten, mußte sich unser Satz (59) bloß auf die geradlinige Bewegung einschränken. Denn der Begriff einer krummlinigen Bewegung kann der Vorstellung von einer Kraft die sie hervorbringt,

nicht entbehren, und sie kann daher auch nicht *à priori* construirt werden.

69. Eine krummlinige Bewegung heisst nämlich eine solche, die in jeder noch so kleinen Zeit ihre Richtung verändert. Nun aber setzt die Vorstellung von einer Veränderung, das Verhältniß von der Wirkung zur Ursache voraus; oder, man muß erst die Ursache kennen, ehe man die als Wirkung hervorgebrachte Veränderung begreifen kann. Eine jede Ursache aber, die eine Veränderung zur Wirkung hat, ist eine Kraft. Folglich setzt die Vorstellung einer krummlinigen Bewegung den Begriff Kraft voraus.

70. In der That mag man die krummlinige Bewegung von welcher Seite man will betrachten, und so, wie das gewöhnlich geschieht, als aus unendlich kleinen Winkelbewegungen erzeugt, vorstellen; so muß man immer zu einer Kraft, oder zu etwas seine Zuflucht nehmen, das uns das Quantum der Bewegung ganz unbestimmt läßt. Denn um die Beschreibung des ersten Elements der Curva, als der unendlich kleinen Diagonale eines Vierecks, zu construiren, müssen wir uns vorstellen, daß die beyden Puncte *P* und *Q* (55) ihre Bewegung so verrichten, wie (54) gezeigt worden ist. Hiebey behält *P* sowohl als *Q* seine Richtung, und es entspringt aus der Zusammenetzung beyder Bewegungen bloß die Vor-

stellung einer neuen Richtung. Behielte P , nachdem die erste Diagonale beschrieben ist, seine Richtung noch ferner bey; so könnte, so lange seine Bewegung auf Q bezogen wird, keine solche neue Diagonale entstehen, die mit der ersten einen Winkel einschloße, und der Curva zweytes Element ausmache. Um dieses zu können, müßte entweder P seine Richtung ändern, oder dessen Bewegung auf einen andern Punct im Raume bezogen werden. Zu dem ersten, zu der Abänderung der Richtung, bedarf es einer wirklichen Kraft; und das zweyte ist eine Annahme, die gar nicht aus dem Begriffe der Bewegung fließt. Dieser fordert ausdrücklich nur Einen Punct, auf den die ganze Bewegung bezogen werden muß, wenn man ihre Quantität bestimmen will. Denn wie will man das Quantum der Bewegung kennen lernen, wenn man nicht weiß wie viel sich der bewegte Punct von einem einzigen bestimmten Puncte im Raume entfernt hat? Die Vorstellung einer krummlinigen Bewegung ist daher keine rein phoronomische Vorstellung.

Fünfte Vorlesung.

(Dynamik, oder die Kraftlehre der Bewegung.)

I.

71. Jede Veränderung hat ihre Ursache. Nun ist Materie das Bewegliche im Raume. (24). Folglich wenn diese bloße Fähigkeit zur Bewegung sich in wirkliche Bewegung verwandeln soll, geht mit der Materie eine Veränderung vor, die daher eine Ursache haben muß.

72. Eben so auch umgekehrt, wenn die Materie durch irgend eine Ursache in Bewegung ist, bedarf es einer andern Ursache, um sie aus dem Zustande der wirklichen Bewegung in den der bloßen Beweglichkeit zu versetzen.

73. Ein Raum, der keine Ursache in sich enthält, die wirklich bewegte Materie zum Zustande der bloßen Beweglichkeit zurückzuführen, heißt ein leerer Raum.

74. Ein Raum, der eine solche Ursache (73) enthält, so daß er daher der bewegten Materie widersteht in ihn einzudringen, heißt ein erfüllter Raum. (voller Raum.)

75. Die Ursache, weshalb eine bewegte Materie verhindert wird, in einen Raum zu dringen, kann daher rühren, daß der Raum, in welchen die bewegte Materie eindringen

will, in eben der Richtung fortrückt, als die bewegte Materie ihm nachrückt. (53)

76. Sobald also eine bewegte Materie in einen erfüllten Raum, (74) eindringen will, und dieser es nicht zugibt, bewegt sich dieser erfüllte Raum in einem andern Raume. (75) Daher muß der erfüllte Raum die Fähigkeit sich zu bewegen besitzen, und also etwas Bewegliches im Raum seyn. Alles Bewegliche im Raume heist aber Materie. (24) Folglich ist der Raum, so fern er erfüllt ist, ebenfalls Materie, und wir können daher sagen: Materie, in dynamischer Bedeutung, heist das Bewegliche im Raume, in so fern es einen Raum erfüllt.

77. Diese Eigenschaft nun, vermöge der die Materie jeder Bewegung widersteht, die den Raum vermindern will, den sie einnimmt, macht die zweyte Eigenschaft derselben aus. Sie heiße die Erfüllung des Raumes.

78. Zur bessern Verständlichkeit dieser Eigenschaft merke man, daß hiedurch gar nicht behauptet wird, es könne kein Aggregat von materiellen Theilen in einen engern Raum zusammengedrückt werden; noch vielweniger, daß die Materie nicht ihren Raum verlassen, und einer andern Materie ihren Platz einräumen könne. Diese beyden Sätze sprechen von verschiedenen Zeiten: wenn eine Materie M in der Zeit T den Raum S ein-

genommen hat, kann sie, so sagt der erste Satz, zu einer andern Zeit t zusammenge-
drückt werden, und den kleinen Raum
s einnehmen. Eben so sagt der andere Satz:
die Materie M nahm zu der Zeit T den Raum
 S ein, und kann in der Zeit t daraus ver-
trieben werden, um den neuen Raum R
einzunehmen. Hier hingegen, durch die Er-
füllung des Raumes (77) verstehen wir die
Eigenschaft der Materie, vermöge der sie zu
jeder Zeit irgend einen Raum für sich allein
erfüllt, und nicht zugibt, daß in der näm-
lichen Zeit eine andere Materie mit ihr in dem
nämlichen Raume vorhanden sey.

79. Dem Anscheine nach läßt sich die Ei-
genschaft der Erfüllung des Raumes, (77) auf
den Satz des Widerspruches zurückführen.
Denn daß ein Ding an dem Orte ist, wo es ist,
scheint identisch zu klingen. Auch haben alle
Naturforscher bis jetzt das Urtheil: die Mate-
rie erfüllt ihren Raum, für ein analytisches
Urtheil gehalten, und es daher auf den Satz
des Widerspruchs gegründet.

80. Allein genau betrachtet, sagt der Satz:
ein Ding ist an dem Orte, wo es ist nur aus,
daß jede Materie irgend einen Ort haben müs-
se; nicht aber, daß eine andere Materie, die
ihre Bewegung auf den Ort der ersten hinrich-
tet, mit dieser nicht zu gleicher Zeit an
dem nämlichen Orte seyn könne. Hiebey

geht man schon aus dem phoronomischen Begriff der Materie (24) hinaus, erweitert ihn durch den Zeitbegriff, der nothwendig in dem Urtheil vorkommen muß, und macht es dadurch zu einem synthetischen Urtheile. Der Ausdruck zu gleicher Zeit aber ist unumgänglich nothwendig; denn zu verschiedenen Zeiten wird wohl niemand läugnen, daß die Materie *B* den Ort besetzen könne, den die Materie *A* eingenommen hatte. Daher sagt der Satz: ein Ding ist an dem Orte, wo es ist, in der That ganz etwas anders aus, als er auszusagen scheint. Denn er umfaßt stillschweigend den gar nicht analytischen Zusatz: mit Ausschließung jedes andern Dinges. Der vollständige Satz würde lauten: nur Eine und nicht mehrere Materie ist zugleich in dem nämlichen Orte. Dieses aber läßt sich aus dem phoronomischen Begriffe der Materie (24) nicht entwickeln; sondern er wird durch diese ihm beygelegte dynamische Eigenschaft wirklich erweitert.

81. Fragt man sich daher, wie müssen wir uns die Möglichkeit dieser Eigenschaft denken; so haben wir kein anders Mittel dazu, als anzunehmen, daß die Materie eine besondere bewegende Kraft besitze, vermöge der sie ihren Raum erfüllt.

82. Denn da einen Raum erfüllen nichts anders heißt, als der Bewegung einer andern

Materie *B*, die in den von der ersten *A* eingenommenen Raum dringen will, widerstehen können; (74) so muß zu diesem Können eine Ursache vorhanden seyn. Wir können uns aber hiezu keine andre Ursache denken, als weil der Raum, den *A* einnimmt, sammt der Materie *A* sich sogleich fortbewegt, als die auf sie eindringende Materie *B* ihr nachrückt. Die Ursache aber die diese Wirkung des Fortrückens von *A* hervorbringt, odervielmehr, das Vermögen zu fliehen, sobald etwas uns verfolgt, heißt eine Kraft. Folglich erfüllt die Materie ihren Raum durch die ihr eigenthümliche Kraft, sich fort bewegen zu können, sobald sich eine andere Materie ihr nähert, die in ihren Raum eindringen will.

II.

83. Wir gehen weiter. Zwischen den Oertern zweyer Materien läßt sich eine gerade Linie denken, die durch die Bewegung der Materien gegen einander verkleinert, durch ihre Bewegung aber von einander vergrößert wird. (66)

84. Die Ursache, wodurch eine Materie verhindert, daß die Linie, die sich zwischen ihrem Orte, und dem einer andern Materie befindet, nicht vergrößert wird, heißt Anziehungskraft.

85. Die Ursache, wodurch eine Materie

verhindert, daß die gedachte Linie (83) nicht verkleinert wird, heißt Zurückstossungskraft.

86. Ohne gesagt zu werden, folgt es von selbst, daß eben die Ursache (84) welche die Vergrößerung, oder (85) die Verkleinerung des Abstandes beyder Materien verhindert, auch wenn sie stärker wirkt, im ersten Falle die Verkleinerung, und im zweyten die Vergrößerung des Abstandes befördern werde; oder, die Materien werden sich dadurch im ersten Falle einander nähern, im zweyten von einander entfernen.

87. Daß nun die Materie, in so fern sie einen Raum erfüllt, eine zurückstossende Kraft (85) besitzen müsse, wird aus folgender Betrachtung von selbst erhellen.

88. Die Ursache nämlich, weshalb die Materie *A* ihren Raum erfüllt, und dennoch nicht zugibt, daß eine andere Materie *B* in ihren Raum dringe, kann entweder in *A* oder in *B*, liegen. Im ersten Falle muß *A* das Vermögen besitzen, die auf sie eindringende Materie *B* von sich in einer bestimmten Entfernung zu halten, muß also im Stande seyn, dem Streben zu widerstehen, das *B* durch ihre Bewegung äußert, die Linie zwischen *A* und *B* nämlich zu verkleinern. Ein Vermögen aber einer Bewegung überhaupt zu widerstehen, heißt Kraft, und ins besondere, wenn die

Kraft angewandt wird, zu verhindern, daß die Linie zwischen den Oertern zweyer Körper nicht verkleinert werde, Zurückstossungskraft. (85) Folglich besitzt die Materie *A*, und so jede Materie, Zurückstossungskraft. Aber auch wenn die Ursache, daß *A* ihren Raum erfüllt, in der Materie *B* liegt, hat der Satz seine Richtigkeit. Denn in diesem Falle muß *B* Schuld seyn, daß *A*, bey der Annäherung von *B*, so weit fliehet, als *B* nachrückt. *B* muß also das Vermögen besitzen, *A* vor sich fliehen zu machen. Eben so erfüllt *B* selbst ihren Raum, und wenn *A* auf sie eindringen will, muß auch *A* das Vermögen besitzen, *B* vor sich fliehen zu machen. *A* also sowohl wie *B* besitzen eine Kraft, die es verhindert, daß die Abstandslinie ihrer Oerter nicht verkleinert werde. Folglich besitzen sie, und mit ihnen alle Materie, Zurückstossungskraft. (85)

89. Daraus folgt nun unmittelbar, daß die jeder Materie eigenthümliche Zurückstossungskraft (87) einen bestimmten Grad habe, der gröfser und kleiner gedacht werden kann.

90. Was das erste betrifft; so sieht man wohl ein, daß, wenn die Zurückstossungskraft in irgend einer Materie keinen Grad hätte, also $= 0$ wäre, diese Materie nicht verhindern könnte, daß eine andere Materie in ihren Raum eindrange: sie selbst würde da-

her keinen Raum erfüllen, keine Materie seyn. (76.)

91. Es muß aber der Grad der Zurückstossungskraft nicht zwischen gewissen Grenzen eingeschlossen seyn, sondern die Kraft muß, wie jede Kraft überhaupt, grösser und kleiner gedacht werden können; d. h. es muß Materie geben, deren zurückstossende Kraft grösser, und wieder andere, bey der sie kleiner als jede angebliche Grösse ist.

92. Wäre dieses nicht der Fall; so müßte einer von folgenden drey Fällen denkbar seyn. Entweder alle Materie besitzt einen gleich grossen Grad von Zurückstossungskraft; oder es gibt über einem gewissen Grade G keinen grössern, oder endlich unter einem gewissen Grade K keinen kleinern.

93. Dafs nun nicht alle Materie den nämlichen Grad der Zurückstossungskraft haben könne, erhellet schon daraus, weil in diesem Falle gar keine Bewegung entstehen würde: die Materie A wirkte auf die Materie B eben so stark zurück, als diese auf A wirkt. Nun aber kann die Materie nur durch Bewegung Gegenstand der Erfahrung werden. (19) Folglich muß in dem Grade der Zurückstossungskraft mehrerer Materien ein Unterschied obwalten.

94. Gäbe es nun über dem Grade G (92) der Materie A z. B. keinen grössern Grad; so

würde *A* durch ihre Kraft zwar jede Materie bewegen, aber selbst durch nichts bewegt werden können: d. h. *A* wäre etwas Unbewegliches im Raume, und daher (24) keine Materie. Folglich muß jeder Grad der Zurückstossungskraft gröfser gedacht werden können.

95. Gäbe es endlich unter Grade *K* (92) der Materie *B* z. B. keinen kleinern Grad; so würde die Materie *B* von jeder Materie zwar bewegt werden, aber keine andere Materie, auf die sie in ihrer Bewegung stößt, forttreiben können. Sie würde sich also, da sie überall mit Materie umgeben ist, (S. unten 147) nicht bewegen, wäre daher etwas Unbewegliches im Raume, und folglich (24) keine Materie.

III.

96. Bisher haben wir, der leichten Verständlichkeit wegen, die Zurückstossungskraft der Materie nur nach Einer Richtung angenommen: wir haben die Materie *A* auf *B*, *B* auf *C* u. s. w. eindringen, und eine von der andern durch diese Kraft abhalten lassen. Es ist aber gar kein Grund vorhanden, warum das Eindringen der Materie, dem eine Materie *A* zu widerstehen hat, nur nach einer Seite, und nicht nach allen Seiten geschehen soll. Folglich müssen wir annehmen, daß die Ma-

terie Zurückstossungskraft nach allen Seiten besitze.

97. Durch diese Zurückstossungskraft nach allen Seiten verhindert die Materie *A*, daß andere auf sie eindringende Materie ihren Raum nicht einnehme, oder, welches eben so viel sagt, ihre Figur nicht ändere. Diese Eigenschaft der Körper nennt man aber Elasticität. Folglich muß alle Materie ursprünglich elastisch seyn.

Sechste Vorlesung.

(Undurchdringlichkeit.)

I.

98. Durch die Elasticität (97) widersteht die Materie einer Kraft, die ihre Figur verändern, oder, welches einerley ist, sie von Einer Seite zusammendrücken will. Wenn daher die Kraft von allen Seiten grösser ist, als sie zu widerstehen vermag, wird sie wirklich von allen Seiten zusammengedrückt, oder ihr Raum verkleinert. Nun gibt es für jeden Grad von zurückstossender Kraft der Materie einen grössern. (94) Folglich wird für jede Materie eine Kraft sich denken lassen, die sie zusammendrücken, oder ihren Raum verkleinern kann.

99. Es drückt nähmlich eine Materie die andere zusammen, wenn die erste den Raum der zweyten verkleinert; sie durchdringt sie aber mechanisch, wenn sie, ohne die Natur der ersten zu verändern, den Raum derselben gänzlich aufhebt, oder $= 0$ macht.

100. Wenn man den Hahn einer Luftpumpe verschließt, und den Stempel herunter windet, wird die Luft zwischen ihm und dem Boden des Stiefels, die nun keinen Ausgang findet, in einen engern Raum gebracht, zusammengedrückt. Hiebey berührt der Stempel den Boden nicht völlig. Könnte er ihn aber, bey aller Anwesenheit der Luft, völlig berühren, so würde der Raum der Luft ganz aufgehoben, gleich Null seyn. In diesem Falle würde die Materie des Stempels und die des Bodens, die der Luft nicht verändert, aber mechanisch durchdrungen haben.

101. Die zurückstoßende Kraft der Materie verhindert von allen Seiten, daß die auf sie eindringende Materie ihren Raum nicht verkleinere. (85.97) Eben die Kraft aber, die das verhindern kann, würde, wenn sie weder von außen noch von innen etwas zu überwinden hätte, d. h. wenn keine Materie von außen, noch keine Kraft im Innern der Materie sie vermindern sollte, die Materie ins unendliche nach allen Seiten ausdehnen. Folglich

ist die Zurückstossungskraft zugleich eine Ausdehnungskraft.

102. Daraus folgt nun unmittelbar der Satz, daß es keine leeren Zwischenräume zwischen den Körpern gibt. Denn ein leerer Raum heisst ein solcher, der keine Ursache enthält, die wirklich bewegte Materie zu dem Zustande der blossen Beweglichkeit zurückzuführen. (73) Nun aber besitzt die Materie eine Ausdehnungskraft nach allen Seiten. (101). Dadurch ist sie nach allen Seiten in wirklicher Bewegung, und wird sich in die als leer angenommenen Räume ohne Hinderniss bewegen, daher sie erfüllen. Folglich kann es keine leeren Räume geben.

103. Demunerachtet kann die Materie ins unendliche zusammengedrückt werden. (100) Denn da jede Materie *A* durch eine Kraft *B* zusammengedrückt werden kann, (98) so wird eine Kraft *C* grösser als *B*, die Materie *A* noch mehr zusammendrücken. Nun kann zu jeder Kraft *B* eine grössere *C* ins unendliche gefunden werden. (94) Folglich kann auch die Materie *A* ins unendliche zusammengedrückt werden.

104. Ohne also bey der Zusammendrückung der Materie zu den leeren Räumen unsere Zuflucht zu nehmen, die, wie wir (102) gezeigt haben, auf einen Widerspruch führen, ist die Zusammendrückung der Materie bloss
auf

auf die Ausdehnungskraft selbst gegründet: jede Materie nämlich mit der Ausdehnungskraft *A*, kann durch eine Materie, welche die Kraft *B* besitzt, zusammengedrückt werden.

II.

105. Weil nun die Materie ins unendliche zusammengedrückt werden kann; (103) so folgt, daß keine noch so große Kraft im Stande sey, die Materie mechanisch zu durchdringen. (100) Denn da zu jeder Kraft, welche die Materie *A* zusammendrückt, eine größere gefunden werden kann, die sie noch mehr zusammendrückt, so heißt das mit andern Worten so viel, als der Raum den *A* einnimmt, kann immer kleiner gedacht werden; und je kleiner er werden soll, desto größer muß auch die Kraft seyn, die das bewirkt. So bald aber irgend eine Kraft *P* die Materie *A* durchdringt, muß der Raum, den *B* einnimmt $= 0$ seyn; (100) d. h. er kann nun nicht mehr kleiner gedacht werden, und es gibt auch alsdann keine größere Kraft als *P*, welche die Materie *A* in einen kleinern Raum zu zwingen vermag. Diefs widerspricht aber dem Satze, daß zu jeder Kraft, und daher auch zu *P*, eine größere gefunden werden könne. (95)

106. Diefs nun, daß die Materie, obgleich an und für sich zusammendrückbar,

dennoch von keiner Kraft mechanisch durchdrungen werden könne, macht die dritte Eigenschaft der Materie, ihre Undurchdringlichkeit aus.

III.

107. Wir sind nun im Stande auch folgenden Satz zu behaupten. Die Ausdehnungskraft der Materie (101) steht im geraden Verhältnisse mit der Kraft, die die Materie zusammendrückt, und im umgekehrten Verhältnisse mit dem Raume, in den sie zusammengedrückt worden: je größer die zusammendrückende Kraft, desto größer die Ausdehnungskraft; und je kleiner der Raum, desto größer die Ausdehnungskraft.

108. Was das zweyte betrifft; so kann man sich sehr leicht davon überzeugen. Denn da jede Materie *A* von irgend einer Materie *B* zusammengedrückt, (103) aber nicht durchdrungen werden (105) kann; so folgt, daß der Raum den die Materie *A* vor der Zusammendrückung einnahm, größer war, als nach derselben, daß er aber auch dann noch nicht gleich Null geworden sey. So lange also die Materie *A* den größern Raum erfüllte, konnte ihre Ausdehnungskraft der sie zusammendrückenden Kraft der Materie *B* nicht widerstehen, und nicht eher ihr Einhalt thun, als bis sie selbst in den kleinern, durch die Zusammen-

drückung erhaltenen Raum gebracht wurde. Nun sie das ist, widersteht sie der Kraft *B*. Je größer aber *B* ist, desto kleiner wird der Raum von *A*. Daher widersteht die in einen kleinern Raum zusammengedrückte Materie einer größern Kraft. Folglich steht die Ausdehnungskraft der Materie im umgekehrten Verhältniß des Raumes, den die Materie einnimmt.

109. In Ansehung des ersten Punctes (107) ist der Beweis ebenfalls einleuchtend. Denn da die Materie durch keine Kraft mechanisch durchdrungen werden kann (105); so wird die Materie *A* von einer größern Kraft in einen kleinern, von einer kleinern Kraft in einen größern Raum zusammengedrückt. Nun aber steht ihre Ausdehnungskraft im umgekehrten Verhältniß mit dem Raume, den die Materie erfüllt. (108) Folglich im geraden Verhältnisse mit der Kraft, die sie zusammendrückt.

IV.

(Verschiedenheit dieses Systems von den bisherigen.)

110. Nach unserm System also, sieht man, ertheilt man der Materie Ausdehnungskraft, die von einer ähnlichen aber größern Kraft überwältigt werden kann. Durch diese Ue-

berwältigung wird die Materie selbst zusammengedrückt, und der von ihr erfüllte Raum verkleinert. Da er aber, wie wir (105) erwiesen haben, sich nicht bis auf Null verkleinern läßt; so macht diese Eigenschaft die Undurchdringlichkeit der Materie aus.

111. In der gewöhnlichen, bisher angenommenen Meinung hingegen, wird der Materie keine Ausdehnungskraft verliehen: keine Materie sucht sich auszudehnen, oder einen größern Raum zu erfüllen, als den sie ein für allemal eingenommen hat. Daher kann auch keine Materie durch die andere zusammengedrückt werden. Erfüllte demnach jede Materie ihren Raum vollkommen, gäbe es gar keine leeren Zwischenräume; so wäre auch keine Gewalt in der Welt im Stande, eine Materie in einen engeren Raum zusammen zu drücken. Denn die Materie selbst ist nicht zusammendrückbar, und leere Räume, wohin sie, der auf sie angewandten Gewalt weichend, flüchten sollte, gibt es auch nicht. Folglich könnte sie gar nicht zusammengedrückt werden. Da nun dieß aber der Erfahrung widerspricht; so hat der Anhänger dieses Systems keinen andern Ausweg, als das Daseyn der leeren Zwischenräume zuzugeben.

112. In diesem Systeme, nach welchem der Materie keine ursprüngliche Ausdehnungskraft beygelegt wird, enthält der Satz von

den leeren Räumen keinen Widerspruch. Der von uns (102) dagegen geführte Beweis, gründet sich nur auf die Voraussetzung, daß die Materie ursprüngliche Ausdehnungskraft besitze: eine Sache, die der Gegner nicht zugibt.

113. Noch ein wesentlicher Unterschied zwischen beyden Systemen, macht folgender Umstand aus. Wie wir uns die Sache vorstellen, ist die Materie an und für sich zusammendrückbar bis auf einen gewissen Grad; und ihre Undurchdringlichkeit besteht bloß darinn, daß dieser Grad nicht $= 0$ seyn kann. Also wenn der Raum, den die Materie A einnimmt R heißt, kann R ins unendliche abnehmen, doch nie $= 0$ werden. Daraus folgte dann, daß die Ausdehnungskraft der Materie im umgekehrten Verhältnisse der von ihr erfüllten Räume stehe. (108). Wenn demnach eine Materie A erst in den Raum R und dann in den Raum S kleiner als R zusammengedrückt wird; so wird nun die Kraft, die A noch ferner zusammendrücken wollte, größer als vorher seyn müssen.

114. Hingegen nach dem andern Systeme ist die Materie an und für nicht zusammendrückbar; daher auch gar nicht durchdringlich. Nur dann wird sie zusammengedrückt werden können, wenn sie leere Zwischenräume enthält, und um desto mehr, je mehr sie

deren enthält; hat aber, nach der Zusammen-
drückung in einen kleinern Raum, eben so
wenig Ausdehnungskraft, als vor derselben.

115. Wenn es also nach diesem Systeme,
das wir das mathematische nennen wol-
len, einen Körper gibt, der gar keine Zwi-
schenräume enthält; so würde der Raum die-
ses Körpers durch keine Kraft in der Welt ver-
kleinert werden können. (111) Das nähmli-
che gilt auch von jedem einzelnen Theil-
chen der Materie; denn auch es kann nicht
zusammengedrückt, und nur dann durch eine
Kraft gezwungen werden, sich andern materiel-
len Theilchen zu nähern, wenn Zwischenräume
vorhanden sind, in die es zurückweichen kann.

116. Demnach gründet sich in diesem Sy-
steme die Undurchdringlichkeit der Materie
auf die absolute Unmöglichkeit sie zusammen-
zudrücken; und man kann daher sagen, daß
nach diesem Systeme die Materie ihren Raum
mit absoluter Undurchdringlichkeit
erfülle.

117. Nach unserm Systeme, das der Ma-
terie ursprüngliche Ausdehnungskraft bey-
legt, und deshalb das Dynamische heißt,
fällt der Begriff von den leeren Zwischenräu-
men weg. (102) Die Materie kann daher an
und für sich zusammengedrückt, aber den-
noch nicht durchdrungen werden, weil keine
Kraft groß genug ist, dies zu leisten. (105)

Daher ist es nur eine relative Undurchdringlichkeit, mit der die Materie ihren Raum erfüllt: sie hat stets Bezug auf die Kraft, die die Materie zusammendrücken soll.

118. Der Anhänger des mathematischen Systems (115) muß bey der Undurchdringlichkeit der Materie, als bey einer Eigenschaft stehen bleiben, von der er sich keinen weiteren Grund anzugeben vermag. Fragt man aber den Anhänger des dynamischen Systems, (117) warum die Materie undurchdringlich sey? so antwortet er, weil sie ursprünglich eine ausdehnende Kraft besitzt, die mit der Zusammendrückung zunimmt, und die daher jede noch so große, aber immer endliche Kraft verhindert, den Raum der Materie bis aus Nichts zurückzuführen.

119. Schon dieser Vortheil, daß man hier einen Schritt weiter in der Erklärung der Eigenschaften der Materie gehen kann, gibt dem dynamischen Systeme (117) einen Vorzug vor dem mathematischen. (115) Unser ganzes Forschen über Gegenstände der Natur hat keine andere Absicht, als den Schleier der Isis, wenn auch um einen Faden breit, weiter aufzuheben.

120. Aber außer diesem liegt in dem Begriffe der absoluten Undurchdringlichkeit (116) etwas, das alle menschliche Fassungskraft übersteigt. Hier behauptet man, die Materie

könne an und für sich, durch keine noch so große Kraft, durchdrungen werden; dieß heißt aber so viel, als: die Kraft der Materie ist wahr unendlich groß. Nun bindet sich aber der Begriff von einer Größe, in dem menschlichen Gemüthe, stets an einen Zahlenbegriff: wir drücken jede Größe durch eine Zahl aus. Diese besteht aus Einheiten, deren immer mehrere zusammengedacht werden können. Was also wahr unendlich groß, was eine unendlich große Kraft sey, das sind Dinge, wovon wir einen Begriff ohne Anschauung haben, und von denen man, in Erklärung der Natur, keinen andern als negativen Gebrauch machen darf. Man kann sagen: hier oder dort findet ein unendlicher Fortschritt Statt, weil man gerade dadurch andeutet, daß man dabey nie zu Ende kommt, und die Eigenschaft, von der die Rede ist, immer größer gedacht werden könne. In der Meinung der absoluten Undurchdringlichkeit aber müßte man das Wort unendlich in positiver Bedeutung nehmen, und behaupten, die Kraft der Materie leide keinen Fortschritt, sey eine wirklich unendliche Größe.

Siebente Vorlesung.

(Theilbarkeit.)

I.

121. Ehe wir weiter gehen, wollen wir, theils um den Sinn des Vorigen mehr aufzuhellen, theils um das Folgende vorzubereiten, den Satz erweisen: in der Erscheinung physischer Körper, d. h. wie sie uns gegeben sind, und Gegenstände möglicher Erfahrung werden, sind uns die Theile in dem Ganzen, nicht das Ganze durch die Theile gegeben.

122. Was man mit diesem Unterschiede sagen wolle, wird folgendes Beyspiel zeigen. Jede Zahl kann auf zweyerley Art betrachtet werden: entweder als Vielfaches einer gegebenen Einheit; oder selbst als Einheit, von der dann die erst gedachten Einheiten Brüche sind. So kann ich mir die Zahl 8 entweder als ein Achtfaches von Eins vorstellen; oder selbst als Einheit, von der dann die Zahl Eins, der achte Theil, ein Achtel ist. Welche von beyden Vorstellungsarten in jedem besondern Falle die wahre sey, wird dadurch bestimmt, daß man untersucht, was uns zuerst gegeben ist. Sind mir die Einheiten zuerst gegeben, und setze ich aus ihnen die Zahl zusammen; so ist sie ein Vielfaches der Einheit. Findet sich aber das Ganze schon gegeben vor mir;

so muß ich es selbst als Einheit betrachten, und das, woraus ich mir es zusammengesetzt vorstelle, als dessen Brüche betrachten. Im ersten Falle ist uns das Ganze durch die Theile, im zweyten sind uns die Theile im Ganzen gegeben.

123. Nun zum Beweise. Was uns in der Erfahrung gegeben werden kann, nimmt einen Raum ein, hat daher eine Extension, die an und für sich der Einheit entspricht. Wenn wir also die Theile dieser Einheit suchen, beziehen wir sie auf diese Einheit, und betrachten sie als deren Brüche. Daher sind uns in der Erscheinung physischer Körper die Theile in dem Ganzen, nicht dieses durch jene gegeben; denn dazu müßten wir die Theile eher kennen, ehe uns das Ganze als Einheit gegeben worden.

124. Wenn wir auf das Genetische, auf die Art und Weise selbst sehen, wie die Vernunft allein das Entstehen der Dinge an sich begreiflich findet; so müssen wir uns freylich vorstellen, daß die Theile vor dem Ganzen existirt haben, und dieses erst durch die Theile hervorgegangen sey. Allein wie uns die Dinge gegeben, wie sie Gegenstände unserer Erfahrung sind, ist es nicht hinreichend, bloß durch die Vernunft ihr Entstehen zu begreifen; sondern zu erkennen, wie sie Eindrücke auf unsere Sinne machen, wie wir sie

anschauen. Da ist es dann unbezweifelt, daß unsere Sinne jedes Ding als Einheit wahrnehmen, aus der die Theile gesucht werden müssen.

125. Der Unterschied in beyden Vorstellungsarten ist einleuchtend. Wird uns das Ganze durch die Theile gegeben; so ist jedes Ganze ein Vielfaches seiner Theile, (122) und es entspricht einer Zahl. Nun aber ist jede Zahl endlich. Folglich muß auch das aus Theilen zusammengesetzte Ganze, aus einer endlichen Menge von Theilen bestehen. Werden uns aber die Theile in dem Ganzen gegeben; so werden die Theile erst gesucht: das Ganze entspricht der Einheit, und jeder Theil einem Bruche. Nun aber kann jeder Bruch kleiner gedacht werden. Folglich so viel Theile wir uns auch immer in dem Ganzen denken mögen, so wenig sind wir doch auf den kleinsten Bruch gekommen; daher können wir uns in jedem Ganzen eine unendliche Menge von Theilen denken.

126. Man sieht, daß hier der Begriff unendlich, wie oben (120) erwähnt worden, nur in negativer Bedeutung genommen wird: wir kommen mit dem Denken der Theile, die in dem Ganzen enthalten seyn mögen, nie zu Ende. Die positive Bedeutung des Wortes unendlich wäre, wenn wir das vollendete Ganze aus den Theilen entstehen ließen, und

doch behaupteten, daß das Ganze aus unendlich vielen Theilen bestehe. Denn da müßte wirklich eine unendliche Menge zusammen genommen worden seyn, um das Ganze, das doch nun da ist, entstehen zu lassen.

II.

127. Nachdem wir nun dieses vorausgeschickt, und gezeigt haben, daß es auf keinen Widerspruch führt, wenn man den Satz behauptet: jedes Ganze, als Einheit betrachtet, enthält eine unendliche Menge Theile, wollen wir weiter gehen.

128. Von der Substanz haben wir keinen andern Begriff, als daß sie das Beharrliche in der Erscheinung sey; an dem zwar alle Veränderungen vorgehen, das aber selbst sich nicht verändert.

129. Gäbe es einen vollkommen absoluten Raum (27) für uns; so würde in ihm jede Veränderung vorgehen, er selbst aber unverändert bleiben; er wäre auch dann eine, und zwar die einzige Substanz, die mit den äußeren Sinnen angeschauet werden könnte.

130. Allein die Vorstellung eines vollkommen absoluten Raumes ist nur ein logischer Begriff, ohne Existenz für uns, (28) und nur das Bewegliche im Raume, die Materie nämlich, (24) kann Gegenstand unserer Erfahrung werden. Folglich ist der Raum, da er bloß

relativ und veränderlich ist, an und für sich keine Substanz.

151. Hingegen gehen mit der Materie, durch die Beweglichkeit im Raume die sie hat, alle Veränderungen vor, sie selbst verändert sich aber nicht. Daher wird jede Materie, als das Bewegliche im Raume, und mithin der materielle Raum selbst, (26) eine Substanz seyn. (128)

152. Trennung einer Materie, als Substanz, von der andern, ist vorgegangen, wenn die Veränderungen, die die eine durch Bewegung erleidet, nicht nothwendig auf die andere einfließen.

153. Wird eine einzige materielle Substanz (131) in mehrere materielle Substanzen getrennt; (132) so wird sie dadurch physisch getheilt: so daß physische Theilung die Trennung einer Substanz in mehrere ist.

154. Daß der Raum ins unendliche theilbar, oder mit andern Worten, daß jeder Theil des Raumes wieder ein Raum, und kein Punct sey, dieses erhellet aus dem Begriff des Raumes selbst. Denn jeder Raum entspricht, so wie er uns gegeben wird, einer Einheit, jeder Theil desselben einem Bruche. Nun aber kommt man bey der Verkleinerung der Brüche, durch Vergrößerung des Nenners, nie auf Null, oder welches eben so viel heißt, diese Verkleinerung geht ins unendliche fort. Folglich auch so die Theilung des Raumes.

135. Wären leere Räume möglich; so wäre mit der unendlichen Theilbarkeit des Raumes noch bey weitem die der Materie nicht erwiesen. Denn es bliebe die Frage zu beantworten: ob der erfüllte Raum eben ein solches Continuum, als der Raum an und für sich sey. Ja, der Anhänger des mathematischen Systems, (115) der bündig verfahren will, muß sogar die Stetigkeit der Materie, als des erfüllten Raumes, läugnen. Denn nach ihm ist die Materie absolut undurchdringlich. (116) Die Trennung des Theiles von dem Ganzen kann daher auch nicht dadurch vor sich gehen, daß sich von der Materie selbst, die in der Theilungslinie liegende Materie in sich selbst zurück zieht; dazu müßte sie zusammenrückbar seyn. Die Trennung ist daher nur durch die von Materie entblößten Zwischenräume möglich: durch sie, nicht durch die Materie selbst dringt die trennende Kraft. Folglich sind sich zwey Theilchen der Materie die nächsten; oder mit andern Worten, es gibt in jedem mit Materie erfüllten Raum, Theile, die nicht Materie sind. Nun aber macht eine Gröſſe, worinn zwey Theile die nächsten sind, keine stetige Gröſſe aus, und der Beweis, der von der unendlichen Theilbarkeit des Raumes, als von einer stetigen Gröſſe (134) geführt worden, paßt gar nicht auf die Theilbarkeit der Materie. Dieser ganze

Beweis beruht darauf, daß sowohl im Raume, als in der Zahleneinheit, durch die man seine Gröſſe darſtellt, kein Theil gedacht werden kann, der hier nicht Zahlenbruch, dort nicht Raum wäre. Sollte nun dieſer Beweis auch für die unendliche Theilbarkeit der Materie, als des erfüllten Raumes gelten; ſo müßte man erſt beweifen, daß auch in ihm kein Theil angetroffen werde, der nicht Materie iſt: welches aber der Anhänger des mathematiſchen Systems läugnet.

III.

136. Ueberhaupt hat dieſes System, in Anſehung des Satzes von der Theilbarkeit der Materie, nur einen von folgenden zwey Wegen offen, die ihn aber beyde auf einen Widerſpruch führen. Entweder er behauptet die unendliche Theilbarkeit der Materie, oder er läugnet ſie. Soll ſie behauptet, und der Frage (135) ausgewichen werden; ſo muß man, damit jedes Theilchen noch ferner theilbar ſey, eine unendliche Menge von Zwischenräumen in dem kleinſten Theilchen der Materie zugeben. Allein das hieße die Materie aus Zwischenräumen, etwas aus einem Vielfachen von Nichts zuſammenſetzen.

137. Gibt man aber die unendliche Theilbarkeit der Materie auf, und behauptet, wie das der Monadist wirklich thut, daß man

endlich auf Theilchen der Materie komme, die nicht abermahls theilbar sind, auf einfache Theile also; so weicht man dadurch zwar der Schwierigkeit (136) aus, aber man verfällt in eine andere, wo nicht grössere. Denn diese einfachen Theilchen müssen entweder einen Raum erfüllen, oder nicht. Erfüllen sie keinen Raum; so wird auch von der größten Menge derselben kein Raum erfüllt, und der Körper, als aus ihnen zusammengesetzt, kein Gegenstand unserer Erfahrung werden können. Erfüllen sie aber einen Raum; so entsteht die Frage, wie erfüllen sie ihn. Sollte dieß mathematisch geschehen, sollten sie so groß seyn, als der Raum, den sie einnehmen; so hätten sie eine endliche Ausdehnung, und es liesse sich von ihnen nicht begreifen, warum man in der Theilbarkeit bey ihnen stehen bleiben muß, warum man sie nicht kleiner denken kann.

138. Darauf antwortet man nun: eben weil wir die Theilbarkeit überhaupt nur durch das Daseyn der Zwischenräume möglich finden, bleiben die einfachen Theilchen, bey all ihrer endlichen GröÙe, doch physisch untheilbar; denn sie haben keine Zwischenräume mehr. Wir nennen sie einfach, weil die zusammengesetzten Körper aus ihnen, als aus ihren Elementen bestehen. Aber da sie doch einen Raum erfüllen; so bleibt es uns unbenom-

nommen sie ins unendliche kleiner zu denken, obgleich es nie möglich seyn wird, sie kleiner zu machen.

139. Da man hier die logische Theilbarkeit ins unendliche einräumt, und nur die physische läugnet; so fragt man abermahls: worauf gründet ihr die Möglichkeit der Theilung der Materie überhaupt? Doch nur auf das Daseyn der leeren Zwischenräume. Wenn daher ein Theilchen deren keine enthält, so ist es dadurch nicht nur physisch, sondern logisch untheilbar: seine fernere Theilbarkeit führt auf einen Widerspruch. Und doch sehet ihr gar wohl ein, daß eine Gröſse, die einen endlichen Raum einnimmt, kleiner wenigstens gedacht werden kann. Ihr müßt also zugeben, daß hier etwas gedacht wird, das den Gesetzen des Denkens, dem Satze des Widerspruches entgegen ist.

140. Nun schlägt man einen neuen Weg ein, und anstatt zu behaupten, daß die einfachen Theilchen der Materie ihren Raum mathematisch erfüllen, nimmt man an, daß sie es mit einer repulsiven Kraft thun. Diese Behauptung muß näher beleuchtet werden.

141. Sobald man nähmlich den Monadisten so weit gebracht hat, daß er die einfachen Theilchen der Materie keinen Raum einnehmen lassen kann, muß das einfache

materielle Theilchen einem mathematischen Punkte gleichen. Nun aber machen unendlich viele mathematische Punkte keinen mathematischen Körper aus. Folglich könnte eine unendliche Menge Monaden auch keinen physischen Körper erzeugen.

142. Daher sieht sich der Monadist gezwungen, jeder Monas im Raume eine eigne Sphäre von repulsiver Kraft beyzulegen, mit der sie einen Raum dynamisch erfüllt. Er stellt sich nämlich die Sache auf folgende Weise vor. Jede Monas, an Gröfse einem mathematischen Punkte gleich, ist mit einer ausströmenden Kraft nach allen Seiten begabt. Diese bildet um die Monade selbst eine leere Kugel, innerhalb welcher keine Materie ist, noch seyn kann. Denn sie, die Monas selbst, kann ihren Mittelpunkt nicht verlassen, und sich nach der Peripherie begeben, da kein Grund vorhanden ist, warum sie diesem Punkte der Peripherie vielmehr als einem andern zuströmen sollte. Sie muß also in Ruhe bleiben. Aber auch nichts was außerhalb der Peripherie ihrer Spähre liegt, kann sich dem Mittelpunkte nähern, in der die Monas ruht, denn es wird durch die repulsive Kraft derselben daran verhindert. Dieser Raum nun, den die repulsive Kraft um die Monas bildet, macht den leeren Zwischenraum zwischen einer Monade und der andern aus, und in ihm ist keine Materie.

143. Ist das die Meinung des Monadisten; so zeugt er eben dadurch, daß seine Lehre von den letzten Theilchen der Materie unstatthaft sey. Denn die repulsive Sphäre, die die Monas um sich bildet, habe einen Zoll im Halbmesser. Nun aber muß der Punct im Raume, der acht Linien vom Mittelpuncte absteht, die Kraft besitzen, die noch übrigen vier Linien auf allen Seiten um sich her, frey vom Eindringen fremder Materie zu halten. Er besitzt also selbst eine Kraft, die sich von der des Mittelpunctes nur durch die Gröſse unterscheidet: dieser hat, der Annahme zu Folge, die Kraft zwölf, da ein anderer Punct im Raume nur die Kraft vier hat. Nun aber heißt doch jeder Punct im Raume, der eine, gleichviel wie große repulsive Kraft besitzt, eine Monas. Folglich ist selbst der vermeinte leere Wirkungskreis der Monaden mit Monaden erfüllt; demnach gibt es keine leeren Räume, und, bey der absoluten Undurchdringlichkeit der Materie, die der Monadist behauptet, wäre gar keine Theilung der Materie möglich. Welches der Erfahrung widerspricht.

144. Wie wir uns aber die Sache vorstellen, gibt es keine leeren Räume; (102) die Materie ist aber dennoch theilbar, weil sie ihren Raum nur mit relativer Undurchdringlichkeit erfüllt, (117) und daher von der thei-

lenden Kraft zusammengedrückt werden kann. Dem zu Folge macht der erfüllte Raum eben so gut eine stetige Gröſſe aus, als der Raum an ſich; oder vielmehr, es gibt keinen Theil des Raumes, der nicht etwas Bewegliches enthielte, der nicht mit materieller Subſtanz erfüllt wäre. (131) Was alſo von der Theilung des Raumes gilt, (134) kann auch auf die der Materie angewandt werden. Auch ſie hat eine Gröſſe, die ſich durch eine Zahleneinheit darſtellt. Durch Trennung dieſer Einheit in mehrere gleichartige Theile, bekommen wir den Begriff von Zahlenbrüchen, die ſich auf dieſe Einheit beziehen. Nun aber gibt es keinen Zahlenbruch, welcher der kleine iſt; folglich auch kein Theilchen der Materie, das das kleinſte iſt.

Achte Vorleſung.

(Anziehungskraft.)

I.

145. Ausdehnungskraft, (101) Theilbarkeit ins unendliche, (144) das ſind Eigenſchaften der Materie, die auf ihrer Grundeigenſchaft, der Zurückſtoßungskraft (85) beruhen. Allein in Anſehung der Erfüllung des Raumes, (77) die zwar, wie wir (87) geſehen,

nicht ohne zurückstossende Kraft möglich ist, bedarf es doch noch einer andern Grundeigenschaft der Materie, der Anziehungskraft. (84) Beyde Kräfte müssen verbunden seyn, ehe wir die Erfüllung des Raumes in einem bestimmten Grad denken können.

146. Um dieses nun zu zeigen, müssen wir einige Betrachtungen über das Vorige voranschicken. — Die Ausdehnungskraft der Materie steht im umgekehrten Verhältniß des Raumes, den sie erfüllt. (108) Jede Kraft aber, die sich nach diesem Verhältnisse richtet, muß man sich als eine solche vorstellen, die aus einem Mittelpunct ausströmt, und ihre Wirkung um sich her in einer Kugelgestalt verbreitet. In der Voraussetzung nun, daß die Ausdehnungskraft abnimmt, je größer der Halbmesser der gedachten Kugel ist, wird sie in dem Verhältnisse der Würfel der Halbmesser abnehmen, indem die Kugel, in die sie sich ausdehnt, nach den Lehrsätzen der Geometrie, in diesem Verhältnisse zum Halbmesser steht. Heißt demnach der Halbmesser a ; so die Ausdehnungskraft $= \frac{1}{a^3}$. Da aber dieser Bruch, bey jeder endlichen Gröſse von a nicht $= 0$ werden kann; so folgt, daß die Ausdehnungskraft der Materie sich ins unendliche erstrecke, oder, da das, was sich ausdehnt, etwas Bewegliches im Raume, also

Materie ist, (24) daß sich die Materie in einen unendlichen Raum ausdehnen könne.

147. Wir müssen noch einen Schritt thun. Diese Vorstellungsart, vermöge der die Materie in einem Mittelpuncte gedacht wird, aus dem sie ihre Kraft nach allen Seiten verbreitet, ist, eigentlich zu reden, nur nach dem Systeme der Monadisten, nicht nach unserm, im buchstäblichen Sinne zu nehmen. In jenem Systeme macht jede Monas wirklich den Mittelpunct der Sphäre ihrer repulsiven Kraft aus, und diese Sphäre, dem Eindringen fremder Monaden widerstehend, ist auch leer von Materie. Nach unserm Systeme hingegen, nach welchem alles voll von Materie ist, hat das Ganze der Materie keinen eigentlichen Mittelpunct; er ist, eben weil jeder Punct im Raume zurückstoßende Kraft besitzt, überall, daher nirgends, oder vielmehr für jeden Menschen nur ein einziger. Jeder Mensch bildet sich, von seinem Ich aus, eine mit Materie erfüllte Sphäre um sich herum, und macht sich zum Mittelpunct derselben.

148. Dieses führt uns auf noch einen wesentlichen Unterschied zwischen beyden Systemen. Könnte sich gleich die repulsive Kraft der Monade, an und für sich, wenn sie die einzige im Raume wäre, ins unendliche verbreiten; (146) so wird sie doch, durch eine andere Monas, wenigstens in Einer Richtung,

daran verhindert. Denn auch diese Monas strebt ihre repulsive Kraft ins unendliche zu verbreiten, und da ein Halbmesser der zweyten Monade einem Halbmesser der ersten nothwendig begegnen muß, so werden beyde ihre Kräfte wechselseitig aufheben, oder doch auf einen endlichen Raum beschränken. Denn setzen wir, die Monade *A* ströme ihre repulsive Kraft nach allen Seiten aus; so wird ein Strahl, ein Halbmesser dieser Kugel gerade von Osten nach Westen dringen. Eine andere, der Monade *A* zunächst liegende Monas *B* strömt ebenfalls ihre repulsive Kraft nach allen Seiten aus, und einer ihrer Strahlen liegt in der geraden Richtung von Westen nach Osten. Diese beyden Strahlen der Monaden *A* und *B* begegnen sich nun, thun daher einander Abbruch, und beschränken solcher Gestalt die repulsive Kraft der Monaden durch sich selbst. Nimmt nun der Monadist an, wie er das wirklich thut, daß jede Monas von allen Seiten mit Monaden umgeben ist; so beschränken sich ihre repulsiven Kräfte von allen Seiten durch die wechselseitige Einwirkung aller auf eine, und einer auf alle; und die repulsive Kraft, ursprünglich auf eine unendliche Ausdehnung berechnet, bleibt doch nur innerhalb endlicher Grenzen eingeschlossen.

149. In unserm Systeme hingegen, zu

Folge dessen es gar keinen bestimmten Mittelpunkt gibt, von dem die Ausdehnungskraft der Materie ausströmt, sondern jeder Mensch ihn da annimmt, wo er seinem Ich eine Stelle im Raume vergönnt; (147) in ihm also, wo dieser erdichtete Mittelpunkt gleichsam die einzige Monas ist, aus der die Ausdehnungskraft, nach allen Seiten ansströmend, die Materie stets zu erweitern strebt; in diesem Systeme würde, durch die Ausdehnungskraft allein, die Materie sich wirklich nach allen Seiten verbreiten. Alles würde sich vom Mittelpunkte ins unendliche entfernen, die Materie einander fliehen: nichts würde Gegenstand der Erfahrung werden können.

150. Mit andern Worten heißt das so viel als: die Erfüllung des Raumes, die nur durch Zurückstossungskraft möglich ist, (77) bleibt durch sie allein dennoch unmöglich. Von jedem bestimmt gegebenen Körper, der Erde z. B. in deren Mittelpunkt ich den Mittelpunkt aller Materie setzen kann, (147) würden sich, durch die zurückstossende Kraft, die äusseren Theile losreißen, ihnen würden die zunächst liegenden folgen, und alle sich ins unendliche zerstreuen, ohne dem Körper eine gewisse bestimmte Haltbarkeit zu lassen.

II.

151. Lange noch bevor man in die Physik die Lehre von der zurückstossenden oder auch der repulsiven Kraft aufnahm, warf man die Frage auf: durch welches Mittel hängen die Theile der Körper zusammen? Diese Frage hatte nur zum Gegenstand: warum folgen die entfernten Theile, wenn die näheren fortgezogen werden? Die urältesten Meinungen zur Beantwortung dieser Frage sind so unge reimt, daß ihre Erwähnung ihre Widerlegung ist. Vermittelt kleiner Häckchen, oder einer kleberigen Materie. Aber wer oder was hält diese Häckchen und diese kleberige Materie zusammen?

152. Jetzt aber, da wir noch überdies gesehen haben, daß die Materie mit einer Ausdehnungskraft versehen seyn muß, wird die Frage um so stärker: was gibt den Körpern bestimmte Haltbarkeit, oder, warum entfernen sich die Theile derselben nicht von selbst von einander? Hier fragt man nicht bloß: warum folgt ein Theil dem andern, der unmittelbar gezogen wird; sondern: wie ist die bestimmte Form der Körper denkbar, da sich alles, auch ohne äussere Gewalt, von selbst ins unendliche ausdehnen muß?

153. Man hat also kein anderes Mittel, um sich die bestimmte Form, oder ihre Erfüllung des Raumes mit einem gewissen Grad,

zu denken, als ihnen noch eine Grundeigenschaft in der ursprünglichen Anziehungskraft beyzulegen. Durch diese Kraft wird (84) die Linie, die sich zwischen zwey Puncten der Materie befindet, wenigstens nicht vergrößert. Wenn daher auch alles einander zu fliehen strebt; so folgt ihm auch alles, und bleibt in der nähmlichen Entfernung von einander. Da aber alles auf mein Ich, als auf den einzigen Mittelpunct der gesammten Materie bezogen werden muß; (147) so entfernt sich, vermöge dieser Anziehungskraft, nichts von ihm, und alles erhält, von dem Puncte im Raume wohin jeder sein Ich setzt, wenigstens keinen größern Abstand.

154. Man muß aber den Begriff dieser Kraft nicht in dem eingeschränkten Sinne nehmen, der sich bloß auf den Zusammenhang der einzelnen Körper bezieht. Nicht nur hängen durch sie die Theile des Holzes, des Eisens u. d. gl., sondern auch das ganze Universum hängt dadurch zusammen, und behält die bestimmte Form, die es hat. Die Erde und der Mond ziehen einander wechselseitig an, können die Linie ihres beyderseitigen Abstandes nur unter hier nicht hergehörige Umstände verändern. Denn wenn ich den Mittelpunct der Erde denke, so versetze ich mein Ich in diesen Mittelpunct, mache ihn zu dem der gesammten Materie, von dem sich, ver-

möge der Anziehungskraft, nichts entfernen kann.

III.

155. Wie man nun sieht dient die Anziehungskraft dazu, daß die Körper und alle äusseren Erscheinungen überhaupt, die Ordnung ausser meinem Ich behalten, die sie einmahl haben. Hätten sie aber, durch die Zurückstossungskraft, sich nicht aus meinem Ich, also auch ausser einander ausgedehnt; so würden sie durch die Anziehungskraft allein, nie ausser einander und ausser meinem Ich gekommen seyn. Denn die Anziehungskraft verhindert, daß die Linie, die sich zwischen dem Mittelpuncte zweyer Körper befindet, nicht vergrößert werde. (84) Nun kann das nur verhindert werden, wenn die Materie, oder richtiger der Mittelpunct des Körpers, wohin ich mein Ich setze, das Bestreben äußert, den Mittelpunct eines andern Körpers sich näher zu bringen, oder die Linie ihres beyderseitigen Abstandes zu verkleinern. Wäre demnach diesem Bestreben nichts entgegen gesetzt; so würden sich die äusseren Puncte der Körper ihrem Mittelpuncte, ein Mittelpunct dem andern, und alles sich meinem Ich ins unendliche nähern, in ihm zusammen schwinden. Der Körper, mit Anziehungskraft allein begabt, käme demnach nie aus meinem Ich heraus,

könnte nie Gegenstand äusserer Sinne werden: sie lägen alle, in einem mathematischen Punct zusammengedrängt, in meinem Ich. Nur erst dann, da sie sich durch die zurückstossende Kraft wirklich im Raume bis zu einer bestimmten endlichen Grösse ausdehnten, trat die Anziehungskraft hinzu, und verhinderte die erste den Raum der Körper noch ferner zu erweitern, und sie meinem Ich gänzlich zu entziehen.

156. Es ist nun leicht zu begreifen, daß weder mit der zurückstossenden, noch der ausdehnenden Kraft allein etwas ausgerichtet werden könne: in beyden Fällen würden die Körper nie Gegenstände unserer Erfahrung werden können. Denn durch die erste allein müßten sie sich von unserm Ich ins unendliche entfernen, in der kleinsten Zeit einen unendlichen Raum, von uns weg, zurücklegen, und daher uns nie zu Gesichte kommen. Mit der zweyten allein müßten sie sich ins unendliche unserm Ich nähern, in der kleinsten Zeit einen unendlich grossen Raum, gegen unser Ich zu, machen, und ebenfalls nie ausser uns erscheinen.

157. Nur durch die Vereinigung beyder Kräfte, die sich wechselseitig Abbruch thun, schwinden die Körper weder in uns hinein, noch verschwinden sie gänzlich von uns weg, sondern werden Gegenstände möglicher Erfahrung, Dinge ausser uns.

IV.

158. Ob nun gleich, nach dieser Vorstellungsart, beyde Kräfte zusammengehen müssen, damit die Materie auſſer uns erſcheinen könne; ſo iſt doch gerade in ihr etwas enthalten, woraus ſich erklären läßt, weshalb der menſchliche Verſtand die Anziehungskraft, im ausgebreiteſten Sinne, (154) weit ſpäter als die Zurückſtoßungskraft, oder, welches eben ſo viel ſagt, die Erfüllung des Raumes, für eine Grundeigenschaft der Materie erkannte. Ja, ſelbſt jetzt noch zweifelt mancher an der Allgemeinheit dieſes Satzes, zweifelt ob die Anziehungskraft eine nothwendige Eigenschaft aller Materie ſey, und ob nicht vielleicht alle Wirkungen, die wir ihr beylegen, ſich bloß aus der Zurückſtoßungskraft allein erklären laſſen.

159. Der Grund hiezu iſt wohl folgender. Die Materie erfüllt ihren Raum, iſt Gegenſtand äußerer Sinne, und iſt alſo ſchon aus unſerm Ich hervorgegangen: das ſehen wir. Dazu aber bedarf ſie der Zurückſtoßungskraft; und nur damit ſie ſich nicht ins unendliche von uns entferne, muß die Anziehungskraft hinzutreten, und die erſte beſchränken. Dieſe ſcheint demnach eine bloß beſchränkende Kraft, und alſo ſpäter zu ſeyn, als die zurückſtoßende: es ſcheint gleichſam, als wenn dieſe erſt hätte müſſen ihre Wirkung

angefangen haben, ehe jene von einiger Brauchbarkeit ist. In der That verhält es sich freylich anders: beyde Kräfte müssen in dem nämlichen Zeitmomente wirksam seyn. Allein durch die Zurückstossungskraft wird uns, wie es scheint, etwas Positives auf alle Fälle, die Körper nämlich schon auſſer uns gegeben. Hingegen drückt der Begriff der Anziehungskraft, dem Scheine nach, nur etwas Negatives, nur etwas aus, wodurch uns nichts, kein Körper auſſer uns gegeben wird; und das ist nicht so leicht einzusehen.

Neunte Vorlesung.

(Fernere Betrachtung der Grundkräfte.)

I.

160. Da die Materie nur durch die beyden erwähnten (84. 85) Kräfte, und den Abbruch den sie sich einander thun, Gegenstand möglicher Erfahrung werden kann; (155) so müssen wir nun untersuchen, wie dieser Abbruch sich so vorstellen lasse, daß er der mathematischen Construction, durch algebraische Zeichen, fähig werde. Zu dem Ende wollen wir folgende Erklärungen und Sätze voranschicken.

161. Ein Mittel (*medium*) zwischen

zwey geformten Räumen (mathematischen Figuren) A und B heisst ein Raum, dessen Anfang das Ende des einen A , und dessen Ende der Anfang des zweyten B ausmacht.

162. Zwey geformte Räume A und B berühren sich unmittelbar, wenn kein Mittel (161) zwischen ihnen liegt; oder wenn das Ende des einen A den Anfang des andern B ausmacht; oder noch anders, wenn sie eine gemeinschaftliche Grenze haben. In diesem Falle ist der Raum, der beyde zusammen umschliesst, der Summa der Räume gleich, die beyde allein einnahmen.

163. Sie berühren sich aber mittelbar, wenn ein Mittel (161) zwischen ihnen liegt, und sie daher keine gemeinschaftliche Grenze haben. In diesem Falle ist der Raum, der beyde sammt dem Mittel umschliesst, grösser als die Summa, den beyde allein ohne das Mittel einnahmen. Nennt man das Mittel M , so berührt A das Mittel M , so wie dieses B unmittelbar. (162)

164. Sie schneiden sich, wenn ein Theil von dem Räume des einen A in dem Räume des andern B , also die Grenze des einen innerhalb der Grenze des andern liegt. Daher wird auch der Raum der beyde umschliesst, kleiner seyn, als die Summa beyder allein genommen.

165. Wenn daher die anziehende, oder

auch eine äussere Kraft, als Druck und Stoss, zwey erfüllte Räume bis zur unmittelbaren Berührung (162) gebracht hat, sie aber nicht vermag zu machen, dass diese Körper sich schneiden; (164) so muss die Undurchdringlichkeit, als durch welche die Körper eigentlich ausser einander sind, daran Schuld seyn. Die Kräfte, die die Körper zusammentreiben, würden, ohne eine ihnen entgegenarbeitende Kraft, die Mittelpunkte beyder Körper noch ferner einander näher bringen, und daraus den Raum, der beyde umschliesst, verkleinern. Die Undurchdringlichkeit allein verhindert, dass der von ihnen zusammen eingenommene Raum der Summa beyder allein genommen, gleich bleibt.

166. Die Wirkung der Materie auf eine andere durch ein Mittel (161) heisst die Wirkung in der Ferne; und wenn ein Mittel zwar zwischen beyden auf einander wirkenden Körpern liegt, aber doch in der Wirkung selbst keine Aenderung vorgeht, ob es zwischen ihnen liegt, oder ob die Körper sich unmittelbar berühren; (162) so heisst diefs eine unmittelbare Wirkung in der Ferne.

II.

167. Wie wir nun (165) gesehen, entsteht die Wirkung, die wir Berührung zweyer Körper (162) nennen, aus zwey Ursachen:

Erst-

Erstlich muß eine, gleichviel innere oder äußere Kraft thätig seyn, um die Grenzen beyder Körper an einander zu bringen, und zweytens eine andere, die es verhindert, daß diese Näherung nicht weiter als bis an die gemeinschaftliche Grenze gehe, und die Räume sich nicht schneiden. (164)

168. Daraus folgt nun, daß die Anziehungskraft überhaupt, eine unmittelbare Wirkung in der Ferne ist. (166) Denn da Berührung erst durch sie möglich wird, und das Aufhören ihrer Wirksamkeit, durch die ihr entgegenarbeitende Kraft der Undurchdringlichkeit, bezeichnet; (163. 167) so kann sie nicht erst selbst durch Berührung möglich werden. Es erhellet aber auch, daß ein zwischen beyden sich anziehenden Körpern *A* und *B* liegendes Mittel *M*, nichts zu ihrer wechselseitigen Anziehung beyträgt. Denn da sowohl *A* und *M*, als *M* und *B* sich unmittelbar berühren; (163) so verhindert die Undurchdringlichkeit von *M*, daß weder *A* noch *B* sich dem Mittelpuncte von *M* nähern, d. h. daß sich *A* und *B* nicht berühren können, welches geschehen würde, wenn sie in dem Mittelpuncte von *M* zusammenträfen. Ohne die Dazwischenkunft des Mittels *M*, würde also die Berührung stattfinden, und nur es verhindert den Erfolg. Daher muß die Anziehungskraft von *A* und *B* auch ohne Hinsicht auf das Mit-

tel M wirken, indem dieses sie beschränkt, aber nicht vergrößert. Folglich ist die Anziehungskraft eine Wirkung in der Ferne. (166) So ziehen die freundschaftlichen Pole zweyer Magnete sich auch durch Holz an.

169. Hingegen gilt von der zurückstossenden Kraft gerade das Gegenteil: sie wirkt nie unmittelbar in der Ferne. Denn wenn sich zwischen zwey Körpern A und B , ein Mittel M befindet; so kann A nicht unmittelbar B zurückstossen, weil er sonst das Mittel M durchdringen müßte, um bis zur Berührung von B zu gelangen. Da nun das aber nicht geschieht, und die Summa der Räume von A , B , und M einzeln genommen, dem Raume von A , B und M zusammen gleich bleibt; so muß A auf M , und M auf B , d. h. A auf B mittelbar wirken. Wenn daher zwischen den gleichnamigen Polen zweyer Magnete ein Stück Eisen liegt, äußern sie ihre Wirkung auf einander nicht, stossen sich nicht mehr zurück, sondern jeder zieht das Eisen an.

III.

170. Eine Kraft, die nicht unmittelbar in der Ferne wirken kann, heisse eine Flächenkraft; kann sie hingegen dieß thun, so heisse sie eine durchdringende Kraft.

171. Ein kleines Nachdenken wird uns nun zeigen, daß jede Flächenkraft (170) der

Berührungsfläche, jede durchdringende Kraft (*ibid*) aber, der Quantität der Materie proportionirt seyn müsse.

172. Man stelle sich a , b , c , d als so viele Punkte im Raume vor, die in gerader Linie liegen, und begabe d , c und b mit der Kraft $= 1$ nach allen Seiten. Ist nun diese Kraft eine Flächenkraft; (170) so wirkt d nicht unmittelbar auf a , sondern auf c . Aber c wirkt auch auf d zurück. Folglich geht die Wirkung von d für a ganz verloren. Das nämliche gilt von c . Also wirkt nur der Punct b , der a unmittelbar berührt, auf a , und die hinter a liegende Punkte c und d tragen nichts zu dieser Wirkung bey. Wenn man daher statt b eine ganze Fläche, also statt b , c und d einen Körper setzt; so wirkt auch nur die Fläche b mit jedem ihrer Punkte auf jeden Punct der Fläche a , und je mehr Punkte in b liegen, je größer wird ihre Wirkung auf die Fläche a seyn. Sind hingegen die Punkte b , c und d mit durchdringenden Kräften begabt; so wirkt jeder von ihnen einzeln auf a . Wenn man daher abermahls für b , c und d einen Körper setzt; so wirkt dieser ganze Körper mit allen seinen Punkten auf die Fläche a , und zwar um desto mehr, je mehr Punkte er enthält, oder je größer er ist. Daraus folgt nun, daß Zurückstossungskraft, als Flächenkraft (169. 170) nur im Verhältniß der berührenden Fläche,

die Anziehungskraft aber, als durchdringende Kraft (168. 170) im Verhältniß der Quantität der Materie wirke: die Erde muß den Mond stärker, als dieser die Erde anziehen.

173. Da sich nun die Quantität der Materie wie der körperliche Inhalt, und dieser wie der Würfel der homogenen Seiten verhält; so wird ein Körper dessen Halbmesser $= 1$ einen andern, dessen Halbmesser $= a$ ist, in dem Verhältniß von 1 zu a^3 , oder wie $\frac{1}{a^3} : 1$ anziehen.

174. Je größer also der angezogene Körper ist, desto schwächer wird er auch angezogen werden. Da aber bey allen dem der Werth von $\frac{1}{a^3}$, so lange a eine endliche Gröſſe bleibt, nicht Null werden kann; so folgt, daß die Anziehungskraft ins unendliche wirken müsse, oder mit andern Worten, daß jedes noch so kleine Theilchen der Materie, weil es mit ursprünglicher Anziehungskraft begabt ist, jeden noch so großen Körper, wiewohl schwach, anziehe.

175. Nun stelle man sich irgend einen Punct als den Mittelpunkt eines Segments von einer Kugelſtäche vor. Besteht diese Kugelſtäche aus materiellen Theilen; so wird der gedachte Mittelpunkt von dem Segmente angezogen werden. Je größer aber die Entfernung des Segments von dem Mittelpuncte ist; je größer wird der Halbmesser der Kugel zu

der es gehört, je mehr Punkte liegen auch in der Oberfläche dieses Segments, und mit je größerer Kraft werden sie den Mittelpunkt anziehen. Es verhalten sich aber die gleichnamigen Oberflächen der Segmente einer Kugel, wie die Quadrate der Halbmesser. Daher wird die Quantität der in der Oberfläche enthaltenen Materie sich ebenfalls wie die Quadrate der Halbmesser verhalten, und mit dieser Kraft den Mittelpunkt anziehen, oder von ihm im umgekehrten Verhältniß der Quadrate der Halbmesser angezogen werden. (173). Nennt man daher den Halbmesser der Kugel a ; so zieht der Mittelpunkt die Oberfläche eines ihrer Segmente, oder auch die Oberfläche der ganzen Kugel mit der Kraft $\frac{1}{a^2}$ an.

176. Dieß hier gefundene Verhältniß bezieht sich bloß auf die Entfernung, und sagt so viel als: der Mittelpunkt einer Kugel, der mit anziehender Kraft von einem bestimmten Grade versehen ist, zieht die entferntern Theile der Kugel schwächer an, als die ihm näher liegenden, und zwar in dem Verhältniß des Quadrats ihrer Entfernung.

177. So lange aber a eine endliche GröÙe bleibt, kann $\frac{1}{a^2}$ nicht Null werden. Folglich zieht jeder Punkt der Materie jeden andern in noch so großer Entfernung, wie wohl schwach an. Dieses mit (174) verbunden, gibt also den Satz: jeder Punkt der Materie ver-

breitet seine Anziehungskraft auf jeden noch so weit von ihm entlegenen und noch so großen Körper im Raume.

178. Diese Eigenschaft nun, vermöge der jeder Punct der Materie auf alle Puncte der Materie ihre Anziehungskraft äussert, nennt man ihre Gravitation; so wie die, vermöge der die Materie sich dahin begeben muß, wo die grössere Gravitation ist, die Schwere genannt wird. Vermöge der Gravitation nämlich, zieht die Erde jeden Körper auf derselben an, und wird auch von ihm angezogen; vermöge der Schwere aber folgt der Körper der Erde, nicht sie dem Körper.

IV.

179. Um das Gesetz für die Anziehungskraft in der Entfernung zu bestimmen, haben wir (175) uns nicht darum bekümmert, was zwischen dem Mittelpuncte und der Oberfläche der Kugel liege, ob die Kugel mit Materie erfüllt sey, oder nicht. In der That kommt es bey einer durchdringenden Kraft, (170) wenn man die Aenderung, welche die Quantität der Materie macht, vernachlässigt, und nur berechnet, wie stark ein Punct den andern in der Entfernung zieht, gar nicht darauf an, ob der Raum zwischen beyden Puncten mit Materie erfüllt sey, oder nicht: die dazwischen liegende Materie trägt gar nichts zur Anziehung der beyden Puncte bey. (168)

180. Wenn aber die Oberfläche einer Kugel von dem Mittelpuncte angezogen wird; so kann die Materie, welche sich zwischen dem Mittelpuncte oder der Oberfläche befindet, sich ebenfalls nicht vom Mittelpuncte entfernen. Denkt man sich daher die Kugel ganz erfüllt mit Materie, und vertheilt die Kraft, mit der deren Oberfläche vom Mittelpuncte angezogen wird, unter die gesammte Materie der Kugel: d. h. wenn man die Materie gleichsam Schichten weise annimmt, und sich fragt mit welcher Kraft wird eine Schichte an die unter ihr liegende gehalten: so wird die Kraft a^2 (175) der Oberfläche, unter die ganze Quantität der Materie der Kugel a^3 vertheilt werden müssen. Jeder Punct der Materie der Kugel wird also, bloß durch die Anziehung des Mittelpuncts und der Oberfläche, mit der Kraft $\frac{a^2}{a^3} = \frac{1}{a}$ an seinem Orte erhalten.

181. Daraus folgt dann, daß eine ganze Fläche von solchen Puncten mit der Kraft $a^2 \times \frac{1}{a} = a$ an ihren Orte gehalten werde; oder, welches eben so viel sagt, daß der Mittelpunct sie mit der Kraft $\frac{1}{a}$ anziehe: d. h. daß der Mittelpunct eine solche Fläche stärker anziehe, wenn sie ihm näher liegt, als wenn sie von ihm entfernt ist, und zwar in dem umgekehrten Verhältniß ihres Abstandes von ihm.

182. Ein ähnliches Gesetz läßt sich für die zurückstossende Kraft finden. Von ihr

wissen wir, daß sie in dem umgekehrten Verhältniß des Raumes stehe, in den sie zusammengedrückt wird; (108) daher $= \frac{1}{a^3} \cdot (146)$ Mit dieser Kraft sucht der Mittelpunkt einer Kugel, die zunächst um ihn liegende Fläche von sich zu stoßen. Diese Kraft kommt aber jedem Punkte der Materie zu, indem jeder Punkt als ein Mittelpunkt betrachtet werden kann. (147) Daher wird eine ganze Fläche solcher Punkte sich von der unter ihr liegenden Fläche mit der Kraft $a^2 \propto \frac{1}{a^3} = \frac{1}{a}$ zu entfernen suchen.

183. Da nun aber auch die Anziehungskraft, mit der jede Fläche von Materie an die andere gehalten wird, $= \frac{1}{a}$ ist, so kann sie sich weder von ihr entfernen, noch sich ihr nähern, und muß an der Stelle bleiben, wo sie einmahl ist.

Zehnte Vorlesung,

(Resultate.)

I.

184. Uebersehen wir das dynamische System mit Einem Blicke; so ergibt sich bald die Verschiedenheit der Principien, auf denen es und das mathematische System beruhen; aber auch erhellen daraus die Vorzüge eines jeden derselben.

185. Nach dem mathematischen Systeme nämlich, besteht alles Reale im Raume aus einfachen, absolut undurchdringlichen Theilchen, (116) deren jeder für sich einen Raum bloß durch sein Daseyn erfüllt. (79)

186. Ueberdies ist dieses einfache Theilchen mit einer repulsiven Kraft (140) versehen, wodurch es das Vermögen besitzt, ein anders einfaches Theilchen stets in einer gewissen Entfernung von sich zu erhalten.

187. Diese Entfernung, in denen die Theilchen stets von einander bleiben, wenn keine äußere Kraft hierinn eine Aenderung trifft, machen die leeren Zwischenräume aus, und auf ihnen beruht die Theilbarkeit der Körper, als eines Aggregats mehrerer solcher einfachen Theilchen.

188. In dieser Hypothese von Theilbarkeit der Materie zu sprechen, ist nicht ganz schicklich, da die Materie aus den einfachen, untheilbaren Theilchen besteht: der Körper, vermöge seiner Zwischenräume, nicht die Materie ist theilbar.

189. Je nachdem nun die Zwischenräume größer oder kleiner, so oder anders gestaltet sind; je nachdem wird auch der Körper lockerer oder dichter seyn, diese oder jene Gestalt haben.

190. Damit aber die Zwischenräume der verschiedenen Körper eine verschiedene Ge-

stalt erhalten können, muß man auch zugleich annehmen, daß der Grundstoff, die einfachen Theilchen der Körper selbst, verschiedentlich geformt seyn. Denn wenn alle gleich, z. B. sphärisch wären; so würde die repulsive Kraft um sie her, in allen Körpern ähnliche Zwischenräume zwischen den kleinen Kügelchen bilden, und die Körper selbst würden alle eine ähnliche Gestalt haben.

191. Man muß also annehmen, daß selbst die Grundstoffe der Körper verschiedentlich gestaltet sind, oder, wie man das nennt, eine eigenthümliche Configuration besitzen.

192. Dadurch schießen die Krystalle der verschiedenen Salze verschieden an; dadurch sieht der Bruch eines jeden Metalls, eines jeden Fossils anders aus; so wie überhaupt je nachdem der Grundstoff rund oder eckig gebildet ist, je nachdem also mehrere derselben sich nur in Puncten oder ganzen Flächen berühren, auch der aus ihnen zusammengesetzte Körper flüßig oder hart seyn wird.

II.

193. Der Vortheil dieses Systems ist unstreitig, daß, wenn man einmahl die ganze Hypothese zugibt, alles übrige sich sehr geschmeidig daraus erklären läßt, und sogar mit der Belehrung die uns der Anblick der Körper gewährt, übereinzustimmen scheint. Denn

dafs in jedem Körper Räume vorhanden sind, die mit dem Körper wenigstens keine gleichartigen Theile enthalten; dafs die Salze, Metalle, Fossilien u. dgl. jedes für sich eine besondere, ihm beständig eigene Configuration (191) annehme; dafs die Tropfen der sichtbaren flüssigen Körper sich uns in der Gestalt kleiner Kügelchen darstellen — alles das lehrt der Augenschein als eine Rechtfertigung jener Hypothese.

194. Was sich nun gegen die absolute Undurchdringlichkeit, gegen die Erfüllung des Raumes durch repulsive Kraft, und gegen die leeren Räume einwenden läßt, ist schon oben an seinem Orte erwähnt worden. Hier wollen wir nur noch bemerken, dafs die ganze Hypothese auf Voraussetzungen beruhe, deren Möglichkeit wir gar nicht einsehen, und wodurch wir also im Ganzen um nichts weiter geführt werden. So verstehen wir in der That weder was absolute Undurchdringlichkeit, noch die ursprüngliche Gestalt eines einfachen Theilchen heisse, noch wie sie möglich sey. Vorzüglich in Betracht des letzten Punctes hat man unsere Aufmerksamkeit blofs von dem weggeleitet, was in die Augen fällt, und sie auf das hingerichtet, was kein menschliches Auge je sehen kann, ohne uns über unsere eigentliche Frage einen nähern Aufschluß zu ver gönnen. Man fragt: wie ist Gestalt der Kör-

per überhaupt möglich? und antwortet: durch die Gestalt des Urstoffes. Durch eine solche Antwort wird man um nichts weiter als durch die Frage gebracht.

195. Materie ist nach diesem Systeme ein Ding an sich, und der Raum bloß die Vorstellung von dem Daseyn dieser Dinge an sich neben einander, von ihrer Ordnung also. Nun geht es freylich so recht wohl an, daß irgend ein Raum leer von Materie seyn kann, indem es aus dem Begriffe der Ordnung gar nicht folgt, daß die geordneten Dinge als eine stetige GröÙe neben einander liegen müssen. Ja, genau erwogen, paßt der Begriff Ordnung neben einander, nur auf ein Interruptum. Denn bey der Einsicht in eine räumliche Ordnung beantwortet man sich eigentlich die Frage: in welchen Intervallen folgen die geordneten Theile auf einander. Wo aber, wie das bey einem Continuum stattfindet, die endlichen Intervallen gleich Null sind, ist auch das menschliche Auge gar nicht im Stande eine Ordnung wahrzunehmen. Denkt man sich also nach diesem Systeme die Materie weg; so verschwindet auch der leere Raum: wo nichts zu ordnen gibt, da läßt sich auch die Vorstellung von Ordnung nicht denken.

III.

196. In unserm, oder dem dynamischen Systeme hingegen ist der Raum bloß die Art, wie der Mensch gezwungen ist, die äusseren Gegenstände seiner Vorstellungen anzuschauen: etwas ausser einander sehen, und einen Raum sehen, heisst einerley Begriff mit verschiedenen Worten ausdrücken. Wo wir also keine Dinge ausser einander anschauen, da schauen wir auch nichts ausser uns, nichts im Raume an; und daher findet die Vorstellung des leeren für sich bestehenden Raumes gar nicht statt: er ist kein Gegenstand unserer Erfahrung. Wenn wir die Zwischenräume eines Körpers, eines Schwammes sehen, und sie als ausge dehnte Wesen, daher ausser einander sehen; so sind sie eben dadurch schon Materie, schon Ding als Erscheinung für uns geworden.

197. Ist daher der Begriff des leeren Raumes für uns ein leerer Begriff, ist alles, was uns als ausser einander erscheint, mit Materie erfüllt; so können wir auch die Vorstellung von den unendlich kleinen Theilchen der Körper nicht zugeben. Denn diese führen auf absolute Undurchdringlichkeit, (166. f.) die sich mit der Vollheit des Raumes nicht verträgt. Wohin sollte die Materie bey der Theilung weichen, da sie selbst nicht zusammen drückbar, und der Raum vollkommen voll ist.

198. Da also in unserer Hypothese jedes Auseinanderseyn schon Materie ist, und es daher gar nicht darauf ankommt, ob wir durch diese Materie mit leichter Mühe durchdringen, oder es mit der größten nicht können; da daher ferner der Raum ganz mit Materie erfüllt ist: so müssen wir auch von der Materie und ihrer Undurchdringlichkeit einen ganz andern Begriff als der Anhänger des mathematischen Systems haben.

199. In der That verstehen wir auch unter Materie alles, was im Raume Gegenstand der äusseren Sinne werden kann: d. h. was durch Bewegung eine Veränderung in uns hervorbringt; verstehen endlich unter Undurchdringlichkeit die bloß negative Eigenschaft, vermöge der die Materie nicht bis auf nichts, durch irgend eine Kraft, zusammengedrückt werden kann. Dieß fließt aus dem Begriffe der Materie selbst; denn was Materie für uns seyn soll, muß außer einander, und im Stande seyn, eine Veränderung durch Bewegung in uns hervorzubringen: eine Sache, die aufhört, sobald die Materie durchdrungen ist.

200. Die Undurchdringlichkeit der Materie ist demnach nur relativ; sie bezieht sich auf die Kraft die sie zusammen zu drücken, daher sie zu theilen erforderlich ist: je größer diese, desto undurchdringlicher die Materie.

201. Wie leicht oder wie schwer eine be-

stimmte Materie getheilt werden könne, beruhet auf der Verbindung von ausdehnender und anziehender Kraft, mit der sie begabt ist, oder vielmehr aus denen sie besteht. Durch die erste nämlich würde sich jede Materie in einen unendlichen Raum ausdehnen, (149) und daher der kleinsten Kraft weichen; durch die letzte würde sie sich in einen mathematischen Punct zusammenziehen, (155) und keiner noch so grossen Kraft nachgeben; durch beyde zusammen erhält sie einen bestimmten Grad. Je nachdem nun mehr oder weniger von der einen oder der andern Kraft als Bestandtheil der Materie gedacht wird; je nachdem hat sie auch einen andern Grad von Undurchdringlichkeit.

IV.

202. Dieses System hat den unlängbaren Vorthail, daß man in ihm nichts annimmt, als was man genau versteht, und durch die Erfahrung bestätigt wird. So sehen wir, daß alle Körper Zusammenhang haben, der, wie wir oben (150 f.) gezeigt, nur durch Anziehungskraft überhaupt möglich ist; eben so sehen wir, daß alle Körper sich ausdehnen, so bald der Zusammenhang, und mithin die Anziehungskraft vermindert wird.

203. Selbst der schwierigste Begriff in diesem Systeme läßt sich in einer Anschauung als

Beyspiel darstellen. Denn man kann sich anfänglich nicht so recht vorstellen, wie es möglich sey, mit der nämlichen Quantität von Materie ein Mahl einen grössern Raum als das andere Mahl zu erfüllen, ohne leere Räume zu verursachen: man denkt hiebey stets an jene festen Körper, die durch die Ausdehnung Zwischenräume erhalten. Allein dieß ist dann auch keine auf die ursprüngliche Zurückstossungskraft gegründete Ausdehnung; sondern sie wird durch äussere Kräfte veranlaßt. Wenn man ein passendes Beyspiel wählen will; so denke man an den Licht- oder Wärmestoff, der ein Zimmer erfüllt. Ein einziges Licht, ein wenig Feuer, erleuchtet und erwärmt ein grosses Zimmer eben so gut, zwar in schwächerem Grade, wie ein kleines. Man wird hier nicht sagen, daß es in dem grössern nur schwach erleuchteten und erwärmten Zimmer Zwischenräume gebe, die nicht erleuchtet oder erwärmt sind; und doch ist die Quantität der Materie in beyden Fällen die nämliche.

204. Wie aber durch die Verbindung der beyden ursprünglichen Kräfte der Materie eine bestimmte Gestalt für jede besondere Art von Körpern hervorgehe? dieß ist eine Frage, die, weil sie die menschliche Einsicht vor der Hand übersteigt, wir gar nicht zu beantworten unternehmen. Und selbst dieses ist ein grosser

großer Vorzug unsers Systems. Indefs man in dem andern Systeme eine Erklärungsart zur Beantwortung dieser Frage annimmt, die, theils nicht weiter führt, (194) theils aber, da wir nie auf die einfachen Theilchen kommen, und ihre Configuration (191) wahrnehmen können, uns alle Hoffnung benimmt, je diese Hypothese in der Erfahrung bewährt zu finden; bleibt es in unserm Systeme dem Forschungsgeiste unbenommen, sich zu bemühen, ein Gesetz für das Verhältniß der ursprünglichen Kräfte der Materie von bestimmter Art, und daraus ihre bestimmte Gestalt zu finden.

Eilfte Vorlesung.

(Fortsetzung.)

V.

205. Was uns also noch zu thun übrig bleibt, um unserm Systeme die ihm mögliche Vollständigkeit zu geben, ist, ihm die Erklärungen und Lehrsätze anzupassen, deren Sinn, nach unserer Darstellungsart, eine nothwendige Aenderung erleidet.

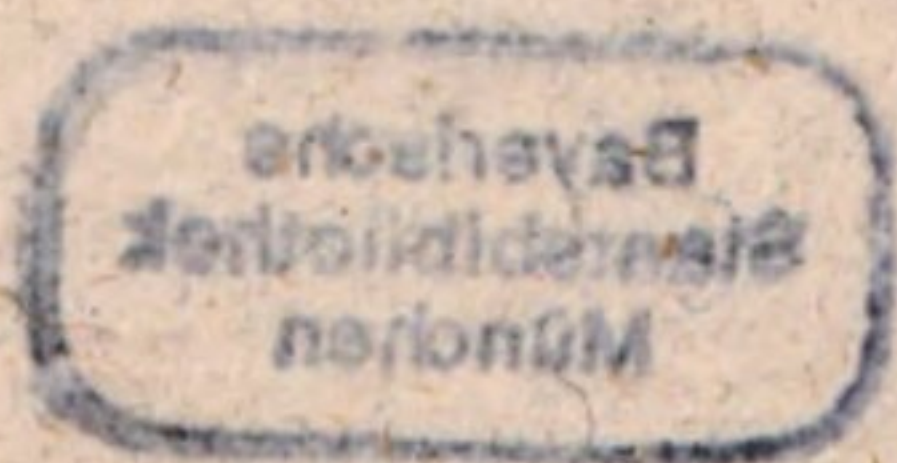
206. Ein physischer Körper ist eine Quantität geformter Materie; die daher zwischen gewissen Grenzen eingeschlossen ist.

207. Nimmt man nur auf des Körpers (206) Gröfse, also nur auf seine Ausdehnung im Raume, Rücksicht, betrachtet man ihn daher nur als mathematischen Körper; so erwägt man dann den Umfang (*Volumen*) desselben.

208. Mit einem je größern Grad (203) dieses Volumen (207) erfüllt ist, desto dichter ist auch der Körper: so daß die Dichtigkeit eines Körpers durch den Grad der Erfüllung des Volumens bestimmt wird.

209. Die verschiedene Dichtigkeit eines Körpers von der nämlichen Art, kann auf zweyerley Weise wahrgenommen werden. Entweder sehen wir, daß der eine Körper mit der nämlichen Quantität Materie ein größeres Volumen erfüllt, als der andere; alsdann ist der zweyte dichter als der erste: wie z. B. wenn von zwey gleichen Lichtern, das eine ein großes, das andere ein kleines Zimmer erleuchtet, ist die Lichtmaterie in dem kleinen Zimmer dichter, als in dem großen. Oder wenn bey dem gleichen Volumen beyder Körper ein Mahl eine größere Kraft als das andere Mahl erfordert wird, um die Körper in einen engern Raum zusammenzudrücken: mit je mehr Kraft man den Stempel des Condensators herunterwinden muß, je mehr Luftmaterie befindet sich unter dem Recipienten, und je dichter ist sie.

210. Das erste hier (209) angegebne Probemittel enthält die Regel: wenn die Quanti-



tät und die Qualität der Materie gleich ist, verhält sich die Dichtigkeit wie die Kraft, mit der die Materie zusammengedrückt werden kann.

211. Bey Materien von gleicher Qualität, wie z. B. dem Luftstoffe, kann man diese zweyte Regel (210) so ausdrücken: bey gleichem Volumen, verhält sich die Dichtigkeit der Materie wie die Quantität derselben. Denn durch zwey gleich große Lichter ist unstreitig zwey Mahl so viel Lichtmaterie in dem nämlichen Zimmer, und daher auch die Dichtigkeit derselben zwey Mahl so groß, als wenn nur deren eins da wäre; daher wird auch im ersten Falle doppelt so viel Kraft zur Zusammendrückung als im zweyten erfordert. Diese Regel läßt sich daher unter die zweyte, (210) wie jeder besondere Fall unter den allgemeinen Satz subsumiren.

212. Wenn hingegen die Qualität der Materien verschieden ist, wie z. B. Luft und Wasser, können wir im allgemeinen gar nicht erfahren, wie groß die Quantität der in einem Raume enthaltenen Materie sey, indem wir nicht wissen, ob ein gegebner Kubickfuß Luft mehr oder weniger Lufttheilchen enthält, als ein gegebner Kubickfuß Wasser, Wassertheilchen. Daher wird die (211) ertheilte Regel sich auf Materien von ungleicher Qualität nicht anwenden lassen. Nur dann,

wenn die Kraft, die wir brauchen, um einen Kubickfuß Wassers in einen engern Raum zusammenzudrücken, größer ist, als die zu ebenfalls einem Kubickfuß Luft, können wir uns vorstellen, daß das Wasser seinen Raum mit einer größern zurückstoßenden Kraft, daher in einem stärkern Grade als die Luft erfülle.

VI.

213. Zusammenhang heißt Anziehung in der unmittelbaren Berührung, (163) und er ist daher nur durch die allgemeine Anziehungskraft der Materie möglich. Von der allgemeinen Anziehungskraft abgeleitet muß also die Eigenschaft des Zusammenhanges allerdings werden; aber dennoch bedarf es noch einer andern Ursache, die uns diese Erscheinung so begreiflich mache, als sie durch ihre Alltäglichkeit begreiflich zu seyn scheint. Obenhin nämlich könnte man sich die Sache so vorstellen. Zwey Theilchen der Materie, die zusammenhangen, mögen auf einander an Zurückstoßungskraft = z und an Anziehungskraft = a äußern. Durch z allein würden sie sich fliehen; durch a allein in einen mathematischen Punct zusammenschwinden; durch $z - a$ oder durch den Abbruch, den die zurückstoßende Kraft von der anziehenden erleidet, können sie nicht fliehen, aber auch

sich nicht schneiden, (164) und bleiben bloß in Berührung, oder sie hangen zusammen. Dieses dauert dann auch so lange, als z das gegebene Verhältniß zu a behält. Sobald aber z durch eine äußere Kraft vergrößert wird, und a das Nähmliche bleibt, muß auch die zurückstossende Kraft sich nicht mehr von der anziehenden zurückhalten lassen, sondern ihre Wirkung auf die Materie äußern, und den Zusammenhang aufheben. Mit andern Worten sagt man dadurch, daß die Körper zerreißen, oder zerbrechen, wenn die zurückstossende Kraft vermehrt wird. Dieß alles scheint zwar richtig zu seyn; allein es bleibt eine Schwierigkeit übrig, die nicht so leicht zu heben ist, die aber durch ein Beyspiel an einem besondern Fall sich weit leichter darstellen läßt, als durch allgemeine Ausdrücke.

214. Wie wir uns die Sache (213) vorstellen, sey die Zurückstossungskraft der Glasteilchen einer Glasplatte z. B. $= z$, ihre Anziehungskraft $= a$. Der Zusammenhang der Platte also ist $= z - a$. Wird nun eine Kraft, die ebenfalls zurückstößt $= d$ auf die Platte angewandt, so wird nun die zurückstossende Kraft $= z + d$ größer in Bezug auf a , und die Platte zerbrochen. (213) Allein wenn man nun auch die zerbrochnen Scherben mit einer noch so großen, wenn auch weit größern Kraft als d wieder zusammendrückt; so

wird doch der Zusammenhang nicht wieder hergestellt, und doch müßte dieses der Fall seyn. Denn was *d* zur Vermehrung der zurückstossenden Kraft beytrug, das thut jetzt die zusammendrückende zur Vergrößerung der anziehenden Kraft. Merkwürdig vorzüglich ist es, daß bey den mehrsten Körpern, deren Zusammenhang wieder hergestellt werden kann, wie z. B. bey den Metallen durchs Schmelzen, dieses nicht eher geschieht, als wenn die zurückstossende Kraft zuerst, im Flusse, wo sich die Materie in einen größern Raum ausdehnt, vermindert, und dann, beym Erkalten, die anziehende Kraft nach und nach vermehrt wird. Das Metall, das plötzlich erkaltet, dessen anziehende Kraft also plötzlich verstärkt wird, kriegt Brüche: woraus dann folgt, daß die zurückstossende Kraft durch diesen Umstand größer wird als die anziehende.

215. Was sich zur Erklärung dieser Erscheinung sagen liesse, und das auch ziemlich so wohl mit der Erfahrung, als mit dem Folgenden übereinstimmend befunden werden dürfte, wäre, daß die zurückstossende Kraft solcher Materien größer ist, als jede Kraft, die von aussen durch Druck hervorgebracht werden kann. Dadurch wird das Zusammendrücken zerbrochener Theile nichts helfen, um den Zusammenhang wieder herzustellen; sie

muss also erst durchs Zusetzen einer fremdartigen Materie an und für sich vermindert werden, z. B. durchs Zusetzen des Wärmestoffs, damit die Anziehungskraft wieder wirksam werden könne. Doch es ist Zeit zu unserm Gegenstand zurückzukehren.

216. Der Zusammenhang (215) wird aufgehoben, die Theile werden getrennt, wenn die Bewegung des einen Theils die des andern nicht nothwendig alle Mahl mit sich führt. (132)

217. Die Theile werden verschoben, wenn die äussere Figur sich abändern lässt, ohne den Zusammenhang aufzuheben. (216)

218. Flüssige Körper sind solche, deren Theile durch die kleinste Kraft verschoben (217) werden können. Bey flüssigen Körpern muss man sich also vorstellen, dass die anziehende Kraft der Theile so gross, oder die zurückstossende derselben so klein sey, um den Zusammenhang mit andern Theilen sogleich wieder herzustellen, als er mit denen aufgehoben wird, mit denen sie vorher im Zusammenhang standen. In der That geht beym Verschieben der Theile (217) nichts anders vor: der Zusammenhang zwischen einigen Theilen hört auf, und dafür tritt ein neuer Zusammenhang mit andern Theilen wieder ein. Dass aber die anziehende Kraft flüssiger Körper, in Verhältniss mit ihrer zurück-

stossenden sehr groß seyn müsse, lehrt die Erfahrung, indem zwey Theilchen einer und der nämlichen flüssigen Materie schon in der Ferne sich anziehen, und ihren Zusammenhang wieder von selbst herstellen. Daher ist es auch nicht richtig, wenn man flüssige Körper erklärt, daß es solche seyn, die durch die kleinste Kraft zu trennen sind. Denn die Anziehungskraft der Theile derselben ist sehr groß, und es bedarf einer merklichen, ja weit größern Kraft zur Trennung, als man gewöhnlich glaubt: eine Erfahrung von der man sich, durch leicht anzustellende Versuche, hinlänglich überzeugen kann.

219. Feste oder starre Körper sind hingegen solche, bey denen die Verschiebung der Theile eine merkliche, endliche Kraft erfordert. Man kann den Grund zu dieser Erscheinung auf die Rechnung der anziehenden Kraft allein schreiben, in sofern sie nämlich durch ihre Größe nicht zuläßt, daß die zurückstossende Kraft, die den Zusammenhang zu stören sucht, wirksam sey.

220. Der festen Körper gibt es zweyerley: entweder können deren Theile durch eine merkliche Kraft wirklich verschoben werden; oder die Verschiebung der Theile, die man vornehmen will, zieht sogleich die Trennung derselben (216) mit sich. Die ersten besitzen Dehnbarkeit; die andern Sprödigkeit.

221. Bey den spröden Körpern (220) kann man sich vorstellen, daß die zurückstossende Kraft, durch ihre Grösse die neue Verbindung mit andern Theilen verhindert, sobald die alte aufgehoben ist. Denn dadurch wird das Verschieben unmöglich gemacht, und der Körper, mit dem man es vornehmen will, bricht. (218)

222. Feste Körper, (219) die durch eine kleine Kraft sehr dehnbar sind, (220) besitzen Klebrigkeit.

223. Können einige Materien nach einigen Richtungen nur schwer getrennt, aber nach andern Richtungen mit einer weit geringern Kraft verschoben werden; so heisst der Widerstand, den man hier beym Verschieben zu überwinden hat, die Reibung. Diese kann aus zweyerley Ursachen entstehen. Entweder werden die Materien in Einigen Richtungen angezogen, oder sie werden durch äussere Kräfte an einander gedrückt. Werden die Körper nur in senkrechter Richtung an einander gezogen, wie diess z. B. zwey Magnete thun, so können sie in entgegengesetzter Richtung nur mit einer der Anziehungskraft gleich grossen Kraft getrennt werden. Zur Verschiebung aber in horizontaler Richtung hat man nur die Winkelkraft zu überwinden. Das nämliche gilt von den Magdenburgischen Halbkugeln, die nicht von einander gezogen, aber wohl an einander ver-

schoben werden können. Eben so ist die Reibung der Zähne eines Rades an das Getriebe, die eines durch die Schwere an den Horizont gedrückten Wagenrades nichts anders, als der Widerstand den uns die Winkelkraft leistet. Sie wird daher auch vermindert, wenn man, durchs Poliren den Winkel verkleinert, oder schiefer macht; so wie sie hinwiederum durch eine kleberige Materie vermehrt werden kann, weil dadurch der Winkel, unter welchem beyde Materien an einander verschoben werden, sich mehr dem rechten Winkel nähert.

VII.

224. Ein Körper besitzt Federkraft, (Elasticität) wenn er seine, durch irgend eine äussere Kraft, veränderte Figur und Grösse durch sich selbst wieder herstellen kann.

225. Die Federkraft (224) ist ausdehnend, wenn der Körper durch sie das grössere Volumen wieder erfüllt, das er vor der Veränderung durch Zusammendrückung einnahm. Sie beruht auf einer zurückstossenden Kraft, die dem Körper vorzüglich zukommt: so dafs, wenn eine Kraft in der Richtung der Anziehungskraft von aussen her wirkt, sie, sobald jene nachlässt, sich in entgegengesetzter Richtung wirksam bezeugt.

226. Sie ist aber zusammenziehend,

wenn der Körper durch sie wieder in das kleinere Volumen zurücktritt, das er vor der Veränderung durch Ausdehnung erfüllte. Sie beruht auf einer Anziehungskraft die zu wirken anfängt, sobald die äussere Kraft, die den Körper ausdehnte, nachläßt.

227. Oft enthält ein Körper beyde Arten Federkraft (225, 226) zugleich, wie z. B. eine gebogene Stahlfeder, deren äussere Theile, durch das Biegen, in einen grössern Raum gedehnt werden, indess die innern sich in einen engern Raum zusammenziehen. Beym Nachlassen der biegenden Kraft, nimmt alles die vorige Gestalt wieder an. Eben so hat die Luft sowohl ausdehnende, als zusammenziehende Federkraft.

228. Die Elasticität, von der wir hier sprechen, (224) ist sehr verschieden von jener ursprünglichen, die jeder Materie zukommt, und vermöge der sie einen Raum erfüllt: (97) sie heisse die abgeleitete Federkraft. Denn sie wirkt nur wenn eine äussere Kraft die ursprüngliche zurückstossende oder anziehende Kraft der Materie auf einige Zeit vermehrt, aber sich dann von ihr trennt; da hingegen die ursprüngliche Elasticität jederzeit ihre Thätigkeit äussert.

VIII.

229. Diejenige Theilung der Materie, die durch zurückstossende Kraft des theilenden Körpers bewirkt wird, heisst eine mechanische Theilung: so theilt der hölzerne Keil, auf den man schlägt, oder Wasser giefst, einen Körper mechanisch, weil er es bloß durch zurückstossende Kraft thut. In diesem Falle muß diese Kraft grösser seyn, als die Anziehungskraft des getheilten Körpers.

230. Geschieht aber die Theilung durch die Anziehung, welche die Theile des theilenden Körpers zu denen des getheilten haben; so ist das eine chymische Theilung.

231. Die chymische Theilung (230) heisst Auflösung, wenn der theilende Körper auf alle Theile des getheilten seine Anziehungskraft äussert; wie wenn Salzkrystalle durch Wasser getheilt werden.

232. Sie heisst aber Scheidung, wenn die Theile des theilenden Körpers nur auf einige Theile des getheilten mit ihrer Anziehungskraft wirken. So wirkt der Wärmestoff auf eine Auflösung (231) von Salz in Wasser nur auf das letzte mit seiner Anziehungskraft, und theilt, beym Abdampfen, dieses von dem in ihm enthaltenen Salze.

233. Bey der mechanischen Theilung (229) wird die Materie weder des getheilten, noch des theilenden Körpers durchdrungen, und

kann es nicht werden, wie wir gesehen haben. (99. f.) Hingegen bey der Auflösung (231) und vorzüglich nach der Idee derselben, d. h. wenn sie vollkommen seyn soll, müssen die Theile der in einander aufgelösten Materien sich wechselseitig durchdringen: so dass die Proportion der Vereinigung, die zwischen beyden Körpern im Großen stattfindet, auch bey jedem noch so kleinen Theilchen derselben angetroffen werden muß. Macht man nämlich z. B. eine Auflösung von einem Pfund Salz in zwey Pfund Wassers; so muß bey der vollkommenen Auflösung dieser Materien in einander, in jedem noch so kleinen Theilchen des Gemisches das Verhältniß von Wasser zu Salze wie 2 : 1 seyn.

234. Man sieht leicht, dass dieses ein vollkommenes Durchdringen sey; denn beyde Körper sind, durch die Auflösung, vollkommen in einander, und nicht mehr ausser einander enthalten.

235. Die Frage entsteht aber, wie ist chymische Theilung (229) möglich, da sie erstlich ein Durchdringen, (234) und zweytens eine wirkliche Theilung ins unendliche voraussetzt? welches beydes, oben (105. 120) bey der mechanischen Theilung, verworfen worden ist.

236. So viel leuchtet freylich hervor, dass die Gründe, aus denen das mechanische Durchdringen der Materie als unmöglich erklärt

worden, (105) hier, auf die chymische Theilung, nicht anwendbar sind: es waren Folgen aus der Lehre von der zurückstossenden Kraft gezogen, die dort allein wirksam ist, (229) und die ihre Wirksamkeit ganz anders äussern kann, als die anziehende Kraft, welche sich bey der chymischen Theilung thätig beweiset.

237. Allein es reicht nicht hin, wenn man einsieht, daß jene Gründe hier nicht passen; man muß auch noch begreifen, wie das Durchdringen der Materie überhaupt denkbar sey. Zu diesem Ende stelle man sich vor, daß die Anziehungskraft, mit der die Theile von *A* zusammenhangen, kleiner sey, als die Kraft, womit die Theile von *B*, die von *A* an sich ziehen. Dadurch werden, bey der Annäherung von *B*, die Theile von *A* eine unendlich kleine Zeit hindurch, ohne allen Zusammenhang, und bloß mit zurückstossender Kraft existiren. Sie müßten sich auch in einem unendlich großen Raume zerstreuen. Nun aber äussert die Anziehungskraft der Theile von *B* sogleich ihre Wirksamkeit auf sie, und will sie in dem Mittelpuncte von *B* vereinigen. Sie würde dies auch wirklich thun, wenn nicht die zurückstossende Kraft, womit die Theile von *A* begabt sind, machte, daß sie mit denen von *B* vereinigt, einen bestimmten Raum, mit einem gewissen Grade erfüllen.

238. Dieser Raum, den das Gemische einnimmt, ist dann auch bald gröfser, bald kleiner, und bald so grofs, als die Summa der Räume, den die in einander aufgelösten Materialien allein einnahmen. Es kommt blofs darauf an, in welchem Verhältniß die zurückstofsende Kraft von *A* und *B* zusammen, zu der Anziehung der Theile von *B* auf die von *A*, steht. Je nachdem die erste gröfser, kleiner, oder so grofs als die zweyte ist, wird auch der Raum des Gemisches gröfser, kleiner, oder so grofs seyn, als der Raum beyder allein genommen.

239. Zur leichtern Einsicht wurde hier (237) blofs der Körper *A* als ohne Zusammenhang während eines Zeitmoments gedacht. Im Grunde aber gilt es sowohl von *A*, als von *B*. Denn die Anziehung ist wechselseitig, und die Theile des einen Körpers verbinden sich wechselseitig mit denen des andern: das Wasser wird so gut vom Salze, als dieses vom Wasser durchdrungen.

240. Um so schwieriger fällt es nun, die zweyte Frage zu beantworten, und die darinn besteht, wie ist eine vollkommene Auflöfung denkbar, da sie eine wirkliche Theilung ins unendliche voraussetzt? In der That müssen, bey der vollkommenen Auflöfung, die Körper *A* und *B* während einer unendlich kleinen Zeit, allen Zusammenhang verlieren, und sich in alle ihre Theile zerlegen. (237) Nun aber gibt es der Theile eines Körpers unend-

lich viele. (121 f.) Folglich werden die Körper *A* und *B*, durch die Auflösung, in wirklich unendlich viele Theile zerlegt werden: eine Zerlegung, die nicht bloß einen Fortschritt ins unendliche, sondern eine wirklich unendliche Theilung, in positiver Bedeutung, erfordert. (126). Welches aber widersprechend ist.

241. Allein genau erwogen, ist die Idee einer vollkommenen Auflösung, (233) ein bloß dialektischer Schein. Es heißt bloß, je kleiner die Zeit, in der die Auflösung von Statten geht, und je mehr Theile von beyden Körpern sich in einander auflösen, desto vollkommener ist die Auflösung; und so ins unendliche. Nun strebt die Vernunft nach Totalität der Bedingungen, erhebt diesen Fortschritt ins unendliche zu einer Idee, bildet daraus den Begriff der vollkommenen Auflösung, und gibt ihm Wirklichkeit. Außer der Idee aber, und wie uns die Dinge in der Erscheinung gegeben sind, trifft man daher die vollkommene Auflösung nirgends an; ob man gleich, eben deshalb, kein Theilchen antreffen kann, das nicht aufgelöst wäre. Denn nur wenn man bis zu den wirklich unendlich kleinen Theilchen fortschreiten könnte, würde man die aufgelösten finden. Welches ebenfalls unmöglich ist.

242. Man

242. Man sieht also aus allem diesem, wie man gar nicht nöthig hat, zu den leeren Räumen, und der absoluten Undurchdringlichkeit der Materie seine Zuflucht zu nehmen, um die Theilbarkeit, und die specifische Verschiedenheit der Körper zu erklären. Aus der zurückstossenden Kraft, womit alle Materie begabt ist, fließt schon ihre Theilbarkeit, und aus dem verschiedenen Verhältnisse, das die anziehende zu der zurückstossenden Kraft in verschiedenen Körpern hat, ihre verschiedene Gestalt und Dichtigkeit.

Zwölfte Vorlesung.

(Mechanik, oder von der Mittheilung der Bewegung.)

I.

243. Wenn ein Körper *A* in seiner Bewegung auf einen andern Körper *B* anrückt, und dadurch veranlaßt, daß dieser die Stelle im absoluten Raume (27) verläßt, die er eingenommen hat; so sagt man *A* theile *B* seine Bewegung mit: so daß zur Mittheilung der Bewegung die Veränderung der Stelle des durch die Mittheilung bewegten Körpers erfordert wird.

244. Erfüllte der Körper *B* seinen Raum nicht, (77) theilte er seinen Raum mit jedem auf ihn eindringenden Körper *A*; so wäre er auch durch dieses Anrücken des Körpers *A* nicht gezwungen, seine Stelle im absoluten Raume zu verlassen, und die Mittheilung der Bewegung (243) wäre unmöglich: beyde Körper verträgen sich in einem Raume zusammen. In der That findet durch die chymische Auflösung (231) keine Mittheilung der Bewegung statt, weil beyde in einander aufgelöste Körper sich durchdringen, (234) und sie wohl ihren Raum erweitern, aber nicht verlassen können.

245. Eben so auch ist es umgekehrt wahr, daß so lange das Bewegliche im Raume seinen Raum, vermittelt der zurückstossenden und anziehenden Kraft nur erfüllt, und daher an seinem Orte beharret, es in Ruhe ist (31) und daher gar kein Gegenstand möglicher Erfahrung werden kann (19).

246. Nur erst dann, wenn ein Körper *A* auf einen andern *B* sich bewegt, und ihn entweder wirklich zusammendrückt, oder wirklich aus seiner Stelle im absoluten Raume treibt, bekommt der Körper eine Bewegung, indem er dadurch seine äusseren Verhältnisse gegen einen bestimmten Punct im Raume verändert (21), und wird dadurch Gegenstand möglicher Erfahrung.

247. Da also die Materie *B* von der Materie *A* muß bewegt werden können; so muß auch *A* im Stande seyn, *B* zu bewegen: d. h. die Materie muß die Kraft besitzen, eine andere Materie aus ihrer Stelle im absoluten Raume zu vertreiben. Wir werden demnach noch eine Eigenschaft der Materie gefunden haben, und sagen können: Materie ist das Bewegliche im Raume, das seinen Raum erfüllt, und anderer Materie seine Bewegung mittheilen kann. (243.)

II.

248. So lange man die Materie bloß als etwas Bewegliches im Raume, ohne Beziehung seines Verhaltens gegen andere Materie, also bloß phoronomisch betrachtet, kann man den größten Körper einem Punkte gleich setzen, und die GröÙe seiner Bewegung bloß nach der Zeit ermessen, in der ein gegebner Raum von ihm beschrieben wird: je kleiner nämlich die erste, und je größer der andere, desto größer die Geschwindigkeit, oder die Bewegung. In der That hat, an und für sich betrachtet, der ganze Körper eben die Geschwindigkeit, die dessen Mittelpunkt hat; und da wir hier die GröÙe des Körpers außer Acht lassen, wird es vollkommen auf eins hinauslaufen, ob wir den ganzen Körper, oder nur dessen Mittelpunkt allein in Erwägung ziehen.

249. Sobald aber von Mittheilung der Bewegung (243) die Rede ist, wird die Kraft A , die den Körper B aus seiner Stelle vertreiben will, sich unter den ganzen Körper gleichmäßig vertheilen müssen, um alle seine Theile in Bewegung zu setzen; daher, bey der nämlichen Kraft A , auf jeden Theil des Körpers B eine desto grössere Einwirkung geschehen, je kleiner der Körper ist. Geschwinder als der grössere Körper B wird demnach der kleinere b seine Stelle im Raume verlassen, oder, er wird den nämlichen Raum in einer kürzern Zeit, und in der nämlichen Zeit einen grössern Raum beschreiben.

250. Eben so auch umgekehrt: wenn die Körper B und b einander gleich sind, werden beyde verschiedene Geschwindigkeiten erhalten, je nachdem die Kraft verschieden ist, die sie bewegt. Daher wird die Grösse der Bewegung, mechanisch betrachtet, zusammengesetzt seyn aus der Grösse des Körpers und der Geschwindigkeit: je grösser nämlich der bewegte Körper, und mit je grösserer phoronomischer Geschwindigkeit er sich bewegt, desto grösser auch seine Bewegung.

III.

251. Hier nehmen wir das Wort Körper noch immer in der oben (206) angegebenen Bedeutung, als eine Quantität geformter Mate-

rie, die zwischen bestimmten Grenzen eingeschlossen ist; alsdann wird die Gröſſe desselben durch sein Volumen, (207) und die Gröſſe der Bewegung, (250) durch das Volumen multiplicirt mit der Geschwindigkeit, bestimmt. In der That haben wir auch von der Gröſſe des Körpers an und für sich keine andere Vorstellung als von der des Volumens. Denn danach unserer Behauptung die Materie ins unendliche theilbar ist; so kann die Menge der in einem Körper enthaltenen Theile nichts zur Bestimmung der Gröſſe des Körpers beytragen: in dem kleinern Volumen sind nicht weniger Theile als in dem größern enthalten, da beyde einen Fortschritt ins Unendliche verstatten.

252. Nach dem mathematischen Systeme, (115) nach welchem man bey jedem Körper endlich auf einfache Theilchen geräth, und zu Folge dessen man Zwischenräume zugibt, die gar keine Materie enthalten, (111) nach diesem Systeme, findet eine doppelte Verschiedenheit unter den Körpern statt, die auf die Schätzung der Gröſſe der Bewegung starken Einfluß hat. Entweder die Körper *A* und *B* enthalten gleich viele Zwischenräume: alsdann wird der Körper von größerm Volumen aus mehr einfachen Theilchen zusammengesetzt seyn, eine größere Quantität der Materie enthalten; oder die Zwischenräume des Körpers *A* sind nicht so groß, oder in nicht

so großer Anzahl wie die des Körpers *B*: alsdann enthält, bey gleichem Volumen, der Körper *A* eine größere Quantität Materie, als der Körper *B*. Nun bezieht sich doch die Mittheilung der Bewegung nur auf die in einem Körper enthaltene Materie, nicht auf die leeren Zwischenräume. Folglich wird auch die Größe der Bewegung dem Producte aus der Quantität der Materie und der Geschwindigkeit gleich seyn: je größer diese beyden Momente, desto größer die Quantität der Bewegung.

253. In diesem Systeme betrachtet man die Vorstellung von Quantität der Materie als eine solche, die vor der wirklichen Bewegung des Körpers, und unabhängig von derselben gegeben ist. Denn zählt auch gleich der Monadist die einfachen Theilchen eines Körpers nicht, um zu sehen, ob der eine deren mehr als der andere enthält; so setzt er doch bey dem Körper eine größere Quantität Materie voraus, der mehr materielle einfache Theilchen hat: Quantität der Materie, und Menge der einfachen Theilchen, sind dem Monadisten einerley Begriffe.

254. Hingegen bleibt, nach dem dynamischen Systeme, (117) die Vorstellung von der Quantität der Materie, unabhängig von der Größe der Bewegung betrachtet, eine ganz leere Vorstellung. Denn, wie schon gesagt,

hat es für uns gar keinen Sinn, in dem einen Körper mehr materielle Theilchen als in dem andern anzunehmen. (251)

255. Nur wenn man die Gröſſe der Bewegung (250) in Anſchlag bringt, und bey der nähmlichen erhaltenen Geſchwindigkeit findet, daſs der Körper *A* eine gröſſere Bewegung als der Körper *B* hat, läſst ſich dieſe Verſchiedenheit nicht aus der erhaltenen Geſchwindigkeit herleiten, da ſie, der Annahme zu Folge, in beyden Körpern gleich iſt. Der Körper allein, der die Bewegung hat, muſs die Urſache zu dieſer Verſchiedenheit enthalten; und dieſe Urſache, ſey ſie übrigens was ſie wolle, die es macht, daſs bey gleicher ertheilten Geſchwindigkeit, dennoch der eine Körper eine gröſſere Bewegung als der andere beſitzt, heiſſe die Quantität der Materie. Sie wird daher gefunden, wenn man die Gröſſe der Bewegung, durch die Geſchwindigkeit dividirt.

256. Zu fernerm Gebrauche wollen wir hier folgende Formeln beſtimmen. Heiſst *Q* die Gröſſe der Bewegung, *M* die Quantität der Materie, und *C* die Geſchwindigkeit; ſo iſt aus 250 $Q = CM$, und aus 255 $M = \frac{Q}{C}$.

257. In der That täuſcht ſich der Monadiſt, (253) und wir bekommen von der Quantität der Materie nicht eher eine Vorſtellung, als bis wir den Körper in Bewegung ſetzen,

und zusehen wie groß sie, bey gleich erhaltener Geschwindigkeit sey. Durch gleiche Gewichte heben oder wägen wir zwey Körper, und sagen, der habe mehr Materie, den das Gewicht in der nämlichen Zeit einen kleinern Raum, oder in einer größern Zeit den nämlichen Raum hebt,

258. Dem zu Folge aber ist auch in unserm Systeme ein Unterschied zwischen dem Körper in bloß dynamischer, und dem in mechanischer Bedeutung. Der erste, in sofern er nur als etwas betrachtet wird, das einen Raum durch die ursprüngliche anziehende und zurückstoßende Kraft erfüllt, ist dem Volumen stets gleich: so groß dieses, so groß auch der Körper. Hingegen in Bezug auf Mittheilung der Bewegung, können wir den mechanischen Körper nicht nach dem Volumen schätzen. Gleiche Volumina, die eine gleich große Geschwindigkeit erhalten haben, brauchen dennoch nicht eine gleich große Quantität der Bewegung zu besitzen, und auf diese allein kommt es doch bey der Mittheilung der Bewegung nur an.

259. Daher muß man, in mechanischer Hinsicht, erst die Größe der Bewegung eines dynamischen Körpers (206) kennen, und diese mit der ihm ertheilten Geschwindigkeit dividirt, gibt die Quantität der Materie, (255) oder die Größe des mechanischen Körpers: so

dafs der mechanische Körper eine bewegte Quantität Materie von bestimmter Gestalt bedeutet.

IV.

260. Um Misverständnissen vorzubeugen, bemerke man Folgendes. Erstlich versteht man hier (258) in dem Ausdrücke eine bewegte Quantität Materie, nicht blofs eine solche Bewegung, die eine wirkliche Veränderung der äusseren Verhältnisse der Materie zu einem gegebenen Punkte im Raume erfordert, nicht blofs das, was man lebendige Kraft nennt; sondern selbst das Bestreben zu einer solchen Veränderung, den Anfang der Bewegung, oder auch das Aufhören derselben durch Entgegensetzung zweyer gleich grossen Kräfte, also auch die sogenannten todten Kräfte. Eine Last die auf dem Tische liegt, wird durch diesen verhindert, sich nach dem Mittelpunkte der Erde zu begeben. Demunerachtet aber wird die bewegende Kraft der Last nicht aufgehoben, zerstört: sie besitzt noch immer das Bestreben sich zu bewegen; und in so fern ist sie ebenfalls ein mechanischer Körper, (259) weil sie zur Mittheilung der Bewegung beytragen kann. Der Tisch mit der Last darauf an einen Wagebalken befestigt, hat eine grössere Bewegung, als ohne dieselbe.

261. Zweytens sieht man hieraus eben-

falls, daß die Gröſſe des Volumens, die des mechanischen Körpers nicht beſtimmt, ſondern dieſer bloß durch die Bewegung geſchätzt werde, die er mitzutheilen im Stande iſt. Wenn daher ein Theil des Volumens etwas zur Mittheilung einer beabſichtigten Bewegung beyträgt, der andere aber nicht; ſo iſt auch die Gröſſe des Körpers, mechanisch betrachtet, nur nach dem Antheile zu ermeſſen, den das Volumen an der Bewegung nimmt. So trägt ein zum Theil unterſützter Körper nur ſo viel zur Mittheilung der Bewegung bey, als er nicht unterſützt iſt; ſo ebenfalls das Waſſer, das aus einem Gerinne auf ein oberſchlägiges Waſterrada fällt, nur immer ſo viel, als Waſſer aus dem Gerinne fällt, hingegen der übrige, noch vom Gerinne unterſätzte Theil des Waſſers, an den die Reihe noch nicht kommt, kann vor der Hand noch gar nicht in Anſchlag gebracht werden. Wenn man demnach einen mechanischen Körper wie eine Quantität bewegter Materie betrachtet; ſo heißt das immer in ſo fern ſie wirkt.

262. Trägt aber das ganze Volumen des dynamischen Körpers etwas zur Mittheilung der Bewegung bey; ſo ſagt man, der Körper wirke in Maſſe.

263. Daraus folgt aber, daß die in einem Körper enthaltene Quantität der Materie (255) gar nicht nach dynamischen Kräften, nach

der ursprünglich anziehenden und zurückstossenden Kraft, geschätzt werden könne. Die Quantität der Materie wird durch die Fähigkeit gemessen, die der Körper hat, einem andern Körper Bewegung mitzutheilen: d. h. durch das Bestreben, einen Körper aus seiner Stelle im absoluten Raume zu vertreiben, und mithin auch selbst seine eigene Stelle zu verlassen (243). Hingegen beziehen sich die dynamischen Kräfte bloß auf die Erfüllung des Raumes mit einem bestimmten Grad (203), und daher ist ihr Geschäft gerade auf die Hervorbringung einer allgemeinen Ruhe gerichtet: jeder Körper bleibt durch sie gerade an der Stelle im absoluten Raume, an der er sich einmahl befindet (157).

264. Selbst die Schwere, als Bewegung gegen den Körper, der die grössere Gravitation hat, (178) kann an und für sich nicht zur Bestimmung der Quantität der Materie gebraucht werden: eine Feder hat eben die Bewegung gegen unsere Erde, als ein Stück Gold. Nur mittelbar und gleichsam durch eine Art von Reduction, dient die ursprüngliche Anziehungskraft zur Bestimmung der Quantität der Materie. Denn vermöge der allgemeinen Gravitation (ibid.) zieht jeder Körper die Erde eben so an, als er von ihr angezogen wird; nur daß er sich zu ihr dennoch hinbewegen muß, weil sie die grössere Gra-

vitation besitzt. Wenn daher ein Stück Gold von dem Volumen A , oder eine Menge Wassers von dem Volumen B zur Erde fällt, können wir immer sagen, daß das Gold und das Wasser die Erde anziehen. Bringt man nun die Körper A und B an einem Hebel ins Gleichgewicht, und findet, daß das Volumen von B neunzehnmahl so groß ist, als das von A ; so muß auch die Quantität der Materie von A neunzehnmahl so groß als die von B seyn. Denn da sowohl die Quantität der Bewegung die beyde Körper der Erde mittheilen, als auch die Geschwindigkeit, die sie haben, jetzt durch das Gleichgewicht, in dem sie sich befinden, gleich ist; so muß die Verschiedenheit des Volumens von der Verschiedenheit der Quantität der Materie herrühren, und sich daher umgekehrt wie die Volumina, oder gerade wie ihr Gewicht verhalten. Weil nämlich hier $Q = q$, und $C = c$; so ist auch $M = m$; d. h. es ist in einem neunzehnmahl größern Volumen des Wassers eine ebenso große Quantität Materie, als in dem neunzehnmahl kleinern des Goldes enthalten. Ein gleich großes Volumen von Beyden wird daher eine Quantität der Materie haben, die sich vom Golde zum Wasser wie 19 zu 1 verhält.

Dreyzehnte Vorlesung.

(Gesetze der Mechanik.)

I.

265. Wir sind nun im Stande das erste Gesetz der Mechanik zu bestimmen. So viel wissen wir nämlich schon, daß die Materie ins Unendliche theilbar ist: (144) d. h. wir können die Quantität der in ihr enthaltenen Theile durch keine noch so große Zahl ausdrücken, weil die größte Zahl noch zu klein ist, und es immer der Theile mehr gibt. Nun aber kann man sich nur von dem Endlichen eine Vermehrung oder Verminderung denken. Denn da dieses stets zwischen zwey bestimmten Grenzen eingeschlossen ist; so wird durch die Erweiterung dieser Grenzen die Gröfse vermehrt, durch die Verengung der Grenzen die Gröfse vermindert. Bey der unendlichen Gröfse aber, als welche nicht innerhalb bestimmter Grenzen eingeschlossen ist, läßt sich der Begriff von Erweiterung und Einengung gar nicht anbringen: die unendliche Reihe der Zahlen ist weder zu vergrößern noch zu verkleinern möglich. Da also die Quantität der Materie in der Welt unendlich ist; so bleibt diese Quantität im Ganzen genommen, bey aller Veränderung der kör-

perlichen Natur, unvermehrt und unvermindert.

266. Der Algebraist würde sich diesen Beweis so vorstellen. Die Quantität der in der Welt enthaltenen Materie $= \infty$; jede Vermehrung oder Verminderung, die mit derselben vorgenommen werden könnte, wäre demnach $= \infty \pm a$; welches aber bekannter Massen $= \infty$, also weder Vermehrung noch Verminderung ist.

267. Einzelne Körper können demnach sehr gut bald eine größere, bald eine kleinere Quantität Materie bekommen: was der eine gewinnt, kann der andere verlieren, ohne daß dadurch im Ganzen eine Änderung vorgeht.

II.

268. Ehe wir nun das zweyte Gesetz der Mechanik aufstellen, müssen wir folgende Erklärungen und Sätze voranschicken.

269. Leben heißt das Vermögen besitzen, sich selbst zur Veränderung seines Zustandes aus Willkühr, (aus einem innern Princip) bestimmen zu können.

270. Die Materie, deren einzige äußere Veränderung ihres Zustandes Ruhe und Bewegung ist, würde demnach leben, wenn sie sich zu einer dieser Veränderungen von selbst bestimmen könnte, und nicht stets einer auf-

fer ihr enthaltenen Ursache bedürfte, um von der Ruhe in Bewegung, und von dieser zur Ruhe gebracht zu werden. Dieses, daß sie keiner solchen äußern Ursache bedarf, ist auch die Meinung der Anhänger des Hylozoism, oder des Lebens der Materie.

271. Wäre dieses gegründet; so fielen alle Bemühungen des Mathematikers vergebens aus, wenn er die Bewegung, die eine Materie der andern mittheilt, berechnen wollte. Denn da die Materie sich selbst zur Ruhe oder Bewegung soll bestimmen können; so läßt sich gar nicht voraus sagen, wie es ihr gefallen wird, die ihr mitgetheilte Bewegung aufzunehmen.

272. Die dem Hylozoism (270) entgegen gesetzte Meinung behauptet, daß die Materie, als solche, leblos sey, daher nur durch äußere Ursachen zur Ruhe oder in Bewegung gesetzt werden könne: mit anderen Worten, daß sie Trägheit besitze. In diesem Verstande besteht die Trägheit der Materie in weiter nichts als der vollkommenen Gleichgültigkeit derselben gegen Ruhe und Bewegung, so daß sie sich zu keiner von beyden selbst bestimmen, noch ihre Richtung oder Geschwindigkeit von selbst verändern kann, wenn nicht äußere Ursachen dazu vorhanden sind.

273. Aber außer der Unmöglichkeit Ge-

setze für die Mittheilung der Bewegung zu bestimmen, die wir (271) aus dem Hylozoism gefolgert haben, läßt sich auch noch an und für sich zeigen, daß die Vorstellung der Materie, die der Trägheit (272) nothwendig mit sich führe; und dieser Satz macht das zweyte Gesetz der Mechanik aus.

274. Materie heist das Bewegliche im Raume. (24) Was aber im Raume angeschaut wird, ist bloß Gegenstand der äusseren Sinne; daher wird die Materie, als solche, sammt allen Veränderungen die mit ihr vorgehen können, nur ein Gegenstand der äusseren Sinne seyn: d. h. der Grund zu diesen Veränderungen muß außer ihr gesucht werden, oder, wenn sie einen innern Bestimmungsgrund zur Bewegung enthält, kommt ihr dieser nicht mehr als Materie zu. Folglich besitzt die Materie, als solche, an und für sich Trägheit.

275. Der Mechanicus, der ein Mühlrad durch Thiere treiben läßt, betrachtet die Thiere, so weit er sie zur Mittheilung der Bewegung braucht, als bloße Materie, als etwas das durch äussere Ursachen in Bewegung oder zur Ruhe gebracht, und in dieser oder jener Richtung mit völliger Gleichgültigkeit getrieben werden kann. Daß die Thiere sich auch aus sich selbst zur Ruhe oder zur Bewegung bestimmen können, ist eine Sache um die er sich hier gar nicht zu bekümmern braucht,
da

da er nur die Mittheilung der Bewegung in Anschlag, und daher die Thiere nur als Materie gebrauchen will.

III.

276. Das so eben gedachte zweyte Gesetz der Mechanik war leicht einzusehen, weil der Begriff der Materie den der Trägheit in sich fasste, und dieser nur aus jenem entwickelt zu werden brauchte. Ehe wir aber das dritte Gesetz der Mechanik streng erweisen können, müssen wir einen Rückblick auf die phoronomischen Lehren von der Zusammensetzung der Bewegung werfen.

277. Dieser Lehre zu Folge muß man sich die Verbindung zweyer Bewegungen eines Punctes in entgegengesetzter Richtung dergestalt vorstellen, daß der bewegt erscheinende Punct die eine Bewegung etwa von links nach rechts hat, indess der Punct im Raume auf den die Bewegung bezogen wird, die andere Bewegung, aber ebenfalls von links nach rechts besitzt. (53) Sind nun diese Bewegungen ungleich; so thun sie einander Abbruch: sie bringen aber die Vorstellung von Ruhe in uns hervor, wenn sie gleich sind. In der That, wenn ein Schiff auf dem Flusse sich mit einer gewissen Geschwindigkeit mit dem Strohme bewegt, und ein Reiter, der dem Schiffe bey seiner Abfarth senkrecht ge-

genüber stand, am Ufer in eben der Richtung forttrabt, werden beyde in Ruhe zu seyn scheinen.

278. Finden wir nun einen Körper in Ruhe; so müssen wir uns nach dem vorigen Gesetze, (273) als nach welchem die Ruhe der Materie einer äussern Ursache bedarf, vorstellen, daß in dem Körper zwey entgegen gesetzte gleich große Bewegungen verbunden sind; oder, welches einerley ist, daß der Körper selbst eine gewisse Bewegung nach einer bestimmten Richtung besitze, aber der Punct im Raume auf den die Bewegung bezogen wird, sich ebenfalls nach dieser Richtung und mit eben dieser Geschwindigkeit bewege.

279. Bey einem Körper, den wir in Ruhe finden, werden wir aber nicht bestimmen können, weder wie groß, noch in welcher Richtung seine sowohl als des Punctes im Raume Bewegung sey. Sind nur beyde Bewegungen, der Größe und der Richtung nach, gleich; so entsteht allemahl die Vorstellung von Ruhe in uns.

280. Bewegt sich aber ein Körper eine Zeit lang mit einer gegebenen Geschwindigkeit, und fängt nun an zu ruhen; so werden wir die Ursache zu dieser Ruhe in die Bewegung des Punctes im Raume setzen müssen, auf den die Bewegung bezogen wird; (273. 277.) und zwar werden wir sagen müssen,

der gedachte Punct, bey dem der Körper ruhet, bewege sich mit eben der Geschwindigkeit und in eben der Richtung, wie der Körper selbst. Da uns nun aber, der Annahme zu Folge, die Bewegung und die Richtung des Körpers gegeben ist; so ist uns, in diesem Falle, auch die des Punctes im Raume gegeben.

281. Nun nehme man an, ein Körper *A* werde in Ruhe gefunden; so hat er sowohl, als der Punct im Raume, auf den die Bewegung bezogen wird, — wir wollen ihn *p* heißen — eine gleich große Bewegung und die nämliche Richtung; aber beyde sind uns unbekannt. (279) Wir wollen daher diese unbekannte Gröſſe durch eine bekannte zu bestimmen suchen.

282. Man setze daher, der Körper *B* bewege sich in der Richtung von links nach rechts mit einer gegebenen Geschwindigkeit gegen den Körper *A*, und ruhe, sobald er ihn erreicht hat, also im Puncte *p*. (281) Da nun *B* nach einer gehabten Bewegung ruht; so muß *B* hier eine Bewegung in entgegengesetzter Richtung erhalten haben, oder welches eben so viel sagt, der Punct *p* muß sich mit eben der Geschwindigkeit und in eben der Richtung wie der Körper *B* bewegen. (280) Es hat aber der ruhende Körper *A* ebenfalls die Geschwindigkeit und die

Richtung des Punctes p . (281) Folglich besitzt der Körper A die Geschwindigkeit und die Richtung des Körpers B .

283. Bey einem andern Körper C würde A mit der Geschwindigkeit und der Richtung des Körpers C gedacht werden müssen; daher wird man die Bewegung des Körpers A im absoluten Raume allemahl, der Geschwindigkeit und der Richtung nach, gerade so annehmen können, wie die des auf ihn anrückenden Körpers; oder man wird sich vorstellen können, daß A vor dem auf ihn anrückenden Körper B eben so stark flieht, als dieser ihm folgt.

284. Unter diesen Umständen, wenn nämlich A , B und der Punct p sich mit gleich großer Geschwindigkeit und nach einerley Richtung bewegten, würde in uns die Vorstellung der Ruhe beyder Körper A und B entstehen. Nun aber kann an die Stelle der Bewegung von A und des Punctes p nach einerley Richtung gesetzt werden, daß p ruhet, und A zwey gleich große Bewegungen, in entgegen gesetzter Richtung, in sich vereinigt, deren jede so groß ist, als die vorher dem Puncte p ertheilte. (53) Folglich ist es gleichviel, ob man sagt, A und B sammt dem Punkte p bewegen sich nach dem Zusammentreffen in einerley Richtung und mit der nämlichen Geschwindigkeit, oder ob

man sagt, p ruhe, und B bewege sich mit der ihm zukommenden Geschwindigkeit in einer gewissen Richtung, indess A zwey Bewegungen nach entgegen gesetzten Richtungen in sich vereinigt, deren jede so groß ist, als die des Körpers B . Die Erscheinung ist in beyden Fällen die nämliche.

285. In der ersten Voraussetzung aber, dass A und p sich bewegen, theilt B dem A eine Bewegung mit, die der gleich ist, die er B selbst hat; in der zweyten Voraussetzung wirkt A gegen B eben so stark zurück, als die Bewegung war, die er ihm in der ersten Voraussetzung mitgetheilt hatte. Aber beyde Vorstellungsarten bringen die nämliche Erscheinung hervor. (284) Daher führt die Vorstellung von Mittheilung der Bewegung zugleich die Vorstellung von einer gleich großen Gegenwirkung mit sich. Daraus entspringt nun das dritte Gesetz der Mechanik: Wirkung ist der Gegenwirkung gleich.

286. Wir wollen den Beweis dieses wichtigen Gesetzes durch leicht verständliche algebraische Zeichen wiederholen, um ihn anschaulicher zu machen; allemahl aber wird dabey der phoronomische Satz zum Grunde liegen, dass es gleichviel sey, ob der Punct p ruhe, und der Körper sich bewege, oder ob

der Körper ruhe, und der Punct p eine Bewegung in entgegen gesetzter Richtung habe.

287. Also: Ein Körper A ruhe. Er sowohl als der Punct p müssen also die Bewegung $+x$ haben, oder, welches gleichviel ist, in dem Körper A müssen die Bewegungen $+x$ und $-x$ verbunden seyn *). Ein anderer Körper B nähere sich ihm mit der Bewegung $+a$, und ruhe, sobald er den Körper A , oder, welches eben so viel ist, den Punct p erreicht. Da nun B in dem Puncte p ruhet; so muß B jetzt die Bewegungen $+a$ und $-a$ in sich vereinigen, oder, welches das nähmliche sagt, der Punct p muß die Bewegung $+a$ haben. Da nun, vermöge der Ruhe des Körpers A , die Bewegung des Punctes p eben so groß seyn muß, als die des Körpers A , und die von $p = +a$ gefunden worden; so muß auch die von $A = +a$ seyn. Mit andern Worten, A muß die Bewegungen $+a$ und $-a$ in sich verbinden. Es wirkte aber B auf A mit der Bewegung $+a$, und wie wir sehen, wirkt A auf B zurück mit der Bewegung $-a$. Folglich ist Wirkung der Gegenwirkung gleich.

*) Weil der Körper A ruhet, ist seine Bewegung sowohl, als die des Punctes p unbekannt (279), und daher $= x$. Hier sieht man nun zugleich eine Probe von der Unvollständigkeit unserer algebraischen Bezeichnungskunst; eine Richtung als unbekannt auszudrücken, haben wir kein besonderes Zeichen; und doch mußte hier auch die Richtung gesucht werden.

IV.

288. Man sieht leicht ein, daß weder die Größe der beyden Körper, noch die Beschaffenheit ihrer Materie hier in Anschlag gebracht worden: der Beweis ist allgemein, und aus bloß phoronomischen Begriffen geführt. Er gehört aber dennoch aus zwey Gründen in die Mechanik; erstlich weil die Verwandlung der Bewegung der Körper A und B in die des Punctes p , nicht als wirklich, wie das die phoronomische Construction der zusammengesetzten Bewegung erfordert, angenommen wird; sondern bloß als Mittelbegriff eines Schlusses, der dann ausgeschaltet wird: so etwa wie de la Hire und Kästner den einarmigen Hebel in den zweyarmigen, *et vice versa* verwandeln, bloß um das Gesetz des Gleichgewichts zu bestimmen, bey weitem aber nicht in der Meinung, daß diese Verwandlung wirklich vor sich gehe. Zweytens ist hier von Mittheilung der Bewegung die Rede, und diese macht bloß einen Gegenstand der Mechanik aus.

289. Man sieht aber eben so leicht ein, daß wir den Körper A nur des leichtern Vortrages halber ruhend angenommen haben. Hat er selbst die Geschwindigkeit $+b < a$; so muß man nur, anstatt $+x$ und $-x$ in A zu vereinigen, oder anstatt dem Körper A und

dem Punkte p die Bewegung $+x$ zu ertheilen, bloß annehmen, daß p sich mit der Geschwindigkeit $+a$ und der Körper A mit der Geschwindigkeit $+(a+b)$ bewege; alles wird dann gerade wieder so herauskommen, als es zum Beweise des Gesetzes erfordert wird. Doch wir können uns hiebey eben so wenig aufhalten, als bey der Abänderung, die durch die Verschiedenheit der Materie der Körper, ob sie nähmlich hart oder elastisch sind, mit der Äußerung der Gegenwirkung vorgehet. Dieß sind Sätze, die in die allgemeine Mechanik, nicht in die metaphysischen Anfangsgründe derselben gehören.

290. Wir haben demnach drey Hauptgesetze der Mechanik:

a) Die gesammte Materie beharret, der Quantität nach, unverändert, bey aller Veränderung, die in ihr und mit ihr vorgehet. (265)

b) Die Materie ist träge, oder sie bedarf zu jeder Veränderung ihres Zustandes einer äußern Ursache. (272.)

c) Alle Materie wirkt eben so viel zurück als auf sie gewirkt wird. (285.)

291. Alle diese drey Sätze zeigen eine Relation von Materie zu Materie an, und das Urtheil der Beharrlichkeit, ist nur durch die Kategorie Substanz, das der Trägheit nur durch die Kategorie Ursache, und das der Ge-

genwirkung nur durch die Kategorie der Wechselwirkung möglich. Es gibt aber unter dem Titel Relation nur diese drey Kategorien. Folglich sind die gedachten Sätze auch die einzigen, die zur Metaphysik der Mechanik gehören.

Vierzehnte Vorlesung.

(Fernere Betrachtungen über die Gesetze der Mechanik.)

I.

292. Nachdem wir nun die drey Hauptgesetze der Mechanik angegeben und gezeigt haben, daß es deren nur so viel geben könne, bleibt uns nichts weiter zu thun übrig, als noch einige Lehrsätze beyzubringen, die gleichsam als unmittelbare Folgen aus unseren vorigen Betrachtungen von selbst fließen.

293. Nach der gewöhnlichen Meinung ist Ruhe Mangel an aller Bewegung. (32) Wenn daher ein bewegter Körper einem ruhigen Bewegung mittheilen soll; so geht das nicht anders an, als indem der bewegte Körper dem ruhigen einen Theil seiner Bewegung abgibt: gerade so, wie der reichere dem Armen einen Theil von seinem Gelde gibt.

294. Außer daß man die Möglichkeit der

Transfusion, oder eines solchen Überganges von Bewegung aus einem Körper in den andern, nicht gar zu wohl einfiehet, bleibt hiebey noch eine andere Schwierigkeit zu heben. Da nämlich die Materie Trägheit besitzt, und diese in einer völligen Gleichgültigkeit gegen Ruhe und Bewegung bestehen muß; (272. f.) so läßt sich gar nicht begreifen, woher die Gegenwirkung entspringen kann. Denn der ruhige Körper leistet, als träger Körper, der Bewegung, in die er versetzt werden soll, nicht den mindesten Widerstand, und benimmt daher auch dem bewegten Körper nicht das mindeste von seiner bewegenden Kraft.

295. Die ganze Gegenwirkung besteht auch in der That, nach der Meinung der Transfusionisten, nur darinn, daß der ruhige Körper die Masse des bewegten vermehrt, und wenn daher, nach dem Zusammentreffen, die Bewegung noch vor sich gehen soll, muß die Geschwindigkeit, die der bewegte Körper besaß, unter beyde, den ruhenden und den bewegten, vertheilt werden: wo dann dem zuerst bewegten so viel Geschwindigkeit durch den ruhenden entzogen wird, als dieser Masse hat. Es sey nämlich des ruhenden Körpers Masse $= A$, die des bewegten $= B$ und dessen Quantität der Bewegung $= Q$; so wird dessen Geschwindigkeit

vor dem Zusammentreffen mit A seyn $C = \frac{Q}{B}$,
 und nach demselben $C = \frac{Q}{A+B}$. (256) Allein
 auſſer daſs wenn A gegen B unendlich groſs
 iſt, — eine Mauer z. B. an die ein Ball gewor-
 fen wird — die ganze Geſchwindigkeit von B in
 A übergeht, ohne die geringſte Wirkung her-
 vorzubringen, und daher ein wirklicher Ver-
 luſt an der in der Welt vorhandenen Bewe-
 gung ſtatt finden müſte; auſſer dieſer noth-
 wendigen Folge, die ſelbſt die Transfuſionisten
 nicht gelten laſſen, langt man mit dieſer Vor-
 ſtellungsart bey elaſtiſchen Körpern nicht ein-
 mahl aus. Denn bey ihnen muſs der ruhende
 Körper nicht bloſs die Quantität der Materie
 des bewegten vermehren, und ſein Gegenwir-
 ken in einer Art bloſſen Leidens beſtehen;
 ſondern er muſs ſich wirklich thätig beweifen,
 und dem ihn ſtoſſenden Körper eine Bewegung
 in entgegen geſetzter Richtung wirklich mit-
 theilen. Woher nun dieſes, das jedem bekannt
 iſt, der die erſten Anfangsgründe der Mecha-
 nik weiſs, bey elaſtiſchen Körpern entſtehe,
 läſt ſich ſo wenig begreifen, als ſich ein Merk-
 mahl angeben läſt, das uns den Unterſchied der
 harten und elaſtiſchen Körper ſo deutlich
 machte, um einzusehen, daſs der Begriff der
 Gegenwirkung bey den letzten ganz etwas an-
 ders, als bey den erſten bezeichne: hier blo-
 ſſe Vermehrung der Quantität der Materie,
 dort wahres Zurückwirken.

II.

296. Nach unserer Vorstellungsart hingen vereinigt jeder ruhige Körper zwey entgegengesetzte Bewegungen in sich, und beharret bloß an seinen Orte in absoluten Raume, weil die Bewegungen gleich groß sind. So lange daher kein bewegter Körper auf den ruhigen anrückt, bleibt es unbestimmt, wie groß die Bewegungen sind, die der ruhige Körper in sich vereinigt. Sobald aber ein Körper B sich auf ihn A mit der Quantität der Bewegung $= a$ bewegt, ist es eben so gut, als ob A sich auf B mit eben dieser Quantität der Bewegung aber in entgegen gesetzter Richtung bewegte. (39.) Da A aber doch in seiner Stelle beharret, muß er nothwendiger Weise die Bewegungen $+ a$ und $- a$ in sich vereinigen.

297. Bewegung mittheilen, heißt demnach nichts anders, als die Quantität der Bewegung, die B allein besitzt, unter A und B nach Maafsgabe der Quantität ihrer Materie vertheilen: wenn nämlich B sich auf A bewegt, so verläßt eben dadurch auch A seine Stelle im relativen Raume, weil A dem B eben so viel näher kommt, als B sich ihm nähert. Daher mag sich A durch den Stoß den er von B erhält, mit endlicher oder unendlicher kleiner Geschwindigkeit bewegen; alle Mahl theilt ihm B Bewegung mit, und zwar gerade so viel

als er gegen *B* zurückwirkt. Denn die Bewegung die der eine dem andern mittheilt, besteht doch eigentlich nur in dem wechselseitigen Entgegenkommen, also in der Gegenwirkung.

298. Hier geht demnach keine Kraft verloren; denn selbst der größte Körper wird von dem kleinsten in so fern bewegt, in so fern jener sich diesem eben so viel nähert, als der kleine auf ihn anrückt. Eben so wenig bedarf es hier einer eigenen Kraft, wodurch ein Körper dem andern Bewegung mittheilt; denn die Kräfte, mit denen ein Körper seinen Raum erfüllt, anziehende und zurückstossende Kraft nämlich, reichen nur so lange aus, ihm seine Stelle im Raume zu erhalten, als kein anderer Körper seine Stelle verläßt. Geschieht das letzte; so verläßt schon dadurch jeder andere Körper ebenfalls seine Stelle, indem seine äusseren Verhältnisse sich gegen den bewegten Körper verändern: Ein bewegter Körper theilt allen in der Welt seine Bewegung mit. Endlich findet hier auch kein Unterschied zwischen Materie und Materie statt. Mag die Qualität der Materie seyn welche sie wolle, immer ist Wirkung der Gegenwirkung gleich: ein Stück Elfenbein theilt einem Stücke weichen Thons eben so gut wie einem andern Stücke Elfenbein seine Bewegung mit: geschieht aber dieses; so entsteht, wie wir gesehen (297) eine gleich große Gegenwirkung daraus.

III.

(Solicitation und Acceleration.)

299. Weil nun die Materie träge ist; so bedarf der ruhende Körper stets einer äußern Ursache, um in Bewegung gesetzt zu werden. (272) Ist daher die Bewegung einmahl erfolgt; so bleibt der Körper, eben vermöge seiner Trägheit, noch ferner in Bewegung, selbst wenn die Ursache aufhört zu wirken: ein Körper, der einen Stofs ethält, würde sich mit diesem Stosse allein, den Widerstand der Luft, der Reibung u. d. gl. abgerechnet, stets fortbewegen.

300. Läßt aber die Kraft nicht nach zu wirken; so bekommt der Körper in jedem Augenblicke einen Zuwachs an Bewegung; denn er behält den Eindruck der ersten Einwirkung, und bekommt deren beständig neue zu: seine Bewegung wird daher beschleunigt.

301. Die neue Kraft, die, bey der fortgesetzten Einwirkung derselben, der Körper in jedem Augenblicke erhält, (300) heißt die Solicitation, und der Zuwachs an Bewegung, der dadurch entsteht (*ibid.*) das Moment der Beschleunigung. Setzt man daher die Solicitation $= v$, und die Quantität der Materie welche die Solicitation erhält $= \gamma$; so ist das Moment der Beschleunigung $= v\gamma$. (256)

302. Dieses Moment der Beschleunigung (301) bezieht sich eigentlich auf den Raum, den der bewegte Körper in jedem Augenblicke durch die Solicitation beschreibt: hätte er nämlich mit dem gleich anfänglich erhaltenen Eindrücke in jedem Augenblicke den Raum x durchlaufen; so beschreibt er nun in dem zweyten Augenblicke den Raum $x + dx$, in dem dritten $x + 2 dx$, und so in jedem kommenden etwas mehr als in dem vergangenen.

303. Der Zuwachs an Bewegung, oder dieser neue Raum, den der Körper durch die Einwirkung der Solicitation in jedem Augenblicke mehr als in dem vorigen beschreibt, muß, wie wir auch (302) gethan, durch eine unendlich kleine GröÙe vom ersten Grade ausgedrückt werden. Denn da die Solicitation in jeder noch so kleinen, also unendlich kleinen Zeit wirkt; so können wir die Dauer ihrer Wirkung mit $\frac{t}{\infty}$ bezeichnen. Sagt man demnach, der Eindruck einer fortgesetzten Einwirkung der Kraft auf den Körper dauere die endliche Zeit t hindurch; so ist es eben so viel, als sagte man, sie wirkt eine solche Zeit lang auf ihn, die durch $\infty \times \frac{t}{\infty}$ vorgestellt wird, indem jedes Bruches Zähler herauskommt, wenn man ihn mit seinem Nenner multiplicirt. Wäre nun der Raum, den der Körper durch die Solicitation in der Zeit $\frac{t}{\infty}$ be-

schreibt, endlich und $= x$; so würde er in der Zeit t , den Raum ∞x d. h. einen unendlich grossen Raum zurücklegen, welches aber nicht angeht, indem ein unendlich grosser Raum gar nicht beschrieben werden kann. Wäre aber das Moment der Beschleunigung eine unendlich kleine Grösse vom zweyten Grade, so dafs der Zeit $\frac{t}{\infty}$ der Raum $\frac{\infty}{\infty}^2$ entspräche; so würde in der Zeit $t = \infty \propto \frac{t}{\infty}$ nur der Raum $\frac{\infty}{\infty}$ zurückgelegt werden können, welches aber Ruhe wäre. (34) Daher mufs das Moment der Beschleunigung $dx = \frac{\infty}{\infty}$ angenommen werden; denn alsdann ist der Raum, den der Körper in der endlichen Zeit $t = \infty \propto \frac{t}{\infty}$ beschreiben wird, dem Producte aus einem unendlich grossen in ein unendlich kleines, also einer endlichen Grösse gleich. $t. dx = \infty \propto \frac{\infty}{\infty} = x$.

304. So wie aber das Moment der Beschleunigung allemahl eine unendlich kleine Grösse vom ersten Grade seyn mufs, (303) so verschieden ist die Solicitation (301) selbst, je nachdem die Kraft durch Zug, oder durch Druck und Stofs, als anziehende oder als zurückstofsende Kraft wirkt. Die letzte ist nur eine Flächenkraft, (170) d. h. bey ihr trägt nur die Kraft der äuffern Fläche des bewegenden Körpers etwas zur Bewegung des ruhenden bey.

bey *). Es verhält sich aber jede Fläche zu einem Körper wie $y : \infty y$, oder in jedem Körper können unendliche Flächen angenommen werden. Auch ist $y : \infty y = \frac{y}{\infty} : y$. Wenn daher die Quantität der Materie der Fläche, die in Bezug auf die des Körpers unendlich klein ist, einen Körper in Bewegung setzen soll; so muß dieses nothwendiger Weise mit einer endlichen Solicitation geschehen. Denn alsdann ist die Quantität der Bewegung dieser Solicitation, oder das Moment der Beschleunigung $= v. \frac{y}{\infty} = v. d y$, (301) eine unendlich kleine Gröſſe vom ersten Grade; genau so wie es (303) bestimmt ward.

305. Hingegen muß die Solicitation, die durch eine anziehende Kraft geschieht, unendlich klein vom ersten Grade seyn. Denn hier, als bey einer durchdringenden Kraft, (170) wirkt die ganze Quantität der Materie y des bewegenden Körpers. Nun ist das Moment der Beschleunigung $v y$, (301) eine unendlich kleine Gröſſe vom ersten Grade. (303) Wäre daher v eine endliche, oder eine unendlich kleine Gröſſe vom zweyten Grade; so wäre, da y selbst endlich ist, vy im ersten Falle endlich, im zweyten Falle unendlich

*) Dafs hier von aller Einwirkung der Schwere abstrahirt werden muß, versteht sich von selbst; denn sonst wird der Stoß durch anziehende Kraft hervorgerufen.

klein vom zweyten Grade, welches aber beydes nicht angeht. (303)

IV.

(Stetigkeit.)

306. Überhaupt kann die Anziehung, die ein Körper gegen den andern ausübt, nur stets mit unendlich kleiner Geschwindigkeit geschehen. Denn wie wir oben (213) gesehen, beruht der Zusammenhang der Materie auf der anziehenden und zurückstossenden Kraft zugleich: durch die erste streben die Körper ihre beyderseitigen Mittelpuncte zu nähern; die zweyte ist gerade so groß, um verhindern zu können, daß sie nicht weiter als bis zur Berührung kommen. Nun aber verhält sich die zurückstossende Kraft, als Flächenkraft, zur durchdringenden der anziehenden Kraft, wie das Product aus einer Fläche in die Geschwindigkeit, zu dem Producte aus einem Körper in die Geschwindigkeit. Setzt man daher die Quantität der Materie des Körpers $= y$, die endliche Geschwindigkeit (304) der zurückstossenden Kraft $= v$ und die Geschwindigkeit der anziehenden Kraft $= u$; so verhält sich zurückstossende Kraft zu anziehender Kraft, wie $v dy$ zu $u y$. Sollen sich nun diese beyden Kräfte das Gleichgewicht halten können; so muß $v dy =$

$u \gamma$ und $u = du$ seyn, indem sonst die unendlich kleine Zurückstossungskraft, der endlichen Anziehungskraft nicht das Gleichgewicht halten, und der Körper sich selbst durchdringen würde.

307. Aus dem bisher Gesagten läßt sich der Streit über ein für die Metaphysik der Mechanik sehr wichtiges Gesetz entscheiden: das Gesetz der Stetigkeit.

308. Man versteht nämlich, in Hinsicht auf Bewegung, die Behauptung darunter, daß keinem Körper Ruhe oder Bewegung plötzlich mitgetheilt, noch die Geschwindigkeit oder die Richtung des bewegten Körpers plötzlich verändert werden könne; sondern alles nach und nach vorgehe, und zwischen dem Zustande den der Körper hatte, und dem den er bekommt, eine unendliche Reihe von Mittelzuständen liegen, die alle durchlaufen werden müssen, ehe er von dem einen in den andern treten kann. Ein Punct, der sich in dem Umfange eines Vierecks bewegt, kommt von der einen Seite in die andere nicht plötzlich und mit einem Sprunge, beschreibt daher nicht 90° mit einem Mahle; sondern nach und nach, indem er sich unendliche Mahl in unendlich kleine Winkel biegt, um sodann die endliche Veränderung seiner Richtung zu erhalten.

309. In der Geometrie muß man dieses

annehmen, wenn man nicht voraussetzen will, daß ein Punct, der die eine Seite des Vierecks beschrieben hat, nun am Ende derselben ausruht, und dann gleichsam rechts oder links um macht, um weiter fortzugehen; jedes plötzliche Umdrehen setzt ein Aufhören der alten Bewegung und einen Anfang der neuen voraus. Denn der Körper muß den Punct, bey dem er sich umdreht, zweymal beschreiben. Selbst wenn man das plötzliche Umdrehen aus der horizontalen Richtung in die verticale, in Ansehung der Zeit vorläufig zugeben, wenn man sagen wollte, es werde zu diesem Uebergange aus der einen Lage in die andere keine grössere Zeit erfordert, als um in der geraden Linie fortzuschreiten; so muß man doch von der andern Seite gestehen, daß ein Winkel von 180° (eine gerade Linie) nicht in einen Winkel von 90° verwandelt werden könne, wofern man nicht die gerade Linie erst durch alle Grade und alle Theile von Graden biegt, die zwischen 180° und 90° liegen: ehe nämlich der Winkel von 180° , auf 90° gebracht wird, muß er erst 170° u. s. w. gewesen seyn. Man räumt also eben dadurch die Stetigkeit in Ansehung der Zeit ein, indem man sich der Ausdrücke erst und dann bedienen muß; aber mehr sagt auch das Gesetz der Stetigkeit nicht aus.

310. Die größte Schwierigkeit macht das

Zusammenstoßen vollkommen harter Körper.
 Wenn nämlich zwey vollkommen harte Körper, deren Quantität der Bewegung gleich ist, zusammentreffen, müssen sie in dem Augenblicke ruhen, als das Zusammentreffen geschieht. Denn der eine Körper hat eben ein solches Recht, seine Bewegung etwa von Osten nach Westen fortzusetzen, als der andere von Westen nach Osten. Da nun aber dieses nicht angeht, wofern nicht der eine Körper durch den andern gehen soll; so muß ihre Bewegung beyderseits sogleich aufhören. Hier müßte sich also Bewegung plötzlich in Ruhe verwandeln.

311. Allein wenn man den richtigen Begriff von einem harten Körper mit den Sätzen verbindet, die wir (299 f) beygebracht haben; so erhellet, daß es gar keine vollkommen harte Körper geben könne.

312. Unter einem vollkommen harten Körper versteht man nämlich einen solchen, dessen Theile so zusammenhangen, daß sie durch keine Kraft in ihrer Lage verändert, oder gar von einander getrennt werden können. Dieses kann aber nur dann zutreffen, wenn die Anziehungskraft der Theile dieses Körpers gegen einander so groß ist, daß jede andere Kraft, die sie trennen wollte, dagegen verschwindet, oder $= 0$ ist: d. h. wenn sie selbst $= \infty$ ist. Jedes Theilchen von

einem solchen Körper übte demnach auf das andere eine unendliche Anziehung aus, und mithin strebten auch alle Theile zusammen, sich mit unendlicher Kraft in ihrem Mittelpunkte zu vereinigen. Dafs dieses nun nicht geschieht, und der Körper eine Ausdehnung behält, daran ist die ursprüngliche Zurückstossungskraft Schuld: sie treibt die Theile mit eben der Gewalt aus einander, als sie sich in sich selbst zusammenziehen wollen. Nun aber ist die zurückstossende Kraft nur eine Flächenkraft, und wenn daher der gedachte vollkommen harte Körper eine Quantität der Materie $= y$ besitzt, wird die Quantität der Materie, auf welche die zurückstossende Kraft wirkt, durch dy ausgedrückt werden müssen. (304) Die Quantität der Bewegung, welche beyde Kräfte ausüben, würde demnach herauskommen, wenn man ihre respectiven Kräfte mit der Quantität der Materie multiplicirt; daher die der Anziehungskraft $= \infty y$, die der Zurückstossungskraft, die jener das Gleichgewicht halten muß $= \infty^2 dy$ seyn. Jedes einzelne Theilchen eines solchen Körpers würde demnach mit einer unendlichen Kraft vom ersten Grade an seinen Mittelpunkt gezogen, aber mit einer unendlichen Kraft vom zweyten Grade von demselben zurückgestossen. Was heist das aber anders, als jedes Theilchen entfernt sich mit einer unendlichen Kraft

vom ersten Grade von seinem Mittelpuncte, der Körper hat gar keinen Zusammenhang. Da nun dieß der Annahme widerspricht, so kann es keine vollkommen harte Körper geben, und der Satz, (310) der nur von ihnen, aber nicht von weichen oder elastischen Körpern gilt, kann als ein bloß hypothetischer Satz, keine Einwendung gegen das Gesetz der mechanischen Stetigkeit machen.

313. Daraus läßt sich nun das Gesetz der Stetigkeit auf eine directe Art beweisen. Da es keine Körper geben kann, die durch ihre, immer endliche Bewegung, die Bewegung eines andern Körpers plötzlich in Ruhe zu verwandeln im Stande sind; so muß diese Verwandlung nur nach und nach durch unendlich kleine Abstufungen geschehen *).

*) Wie genau dieses mit unserer Vorstellung von der Theilbarkeit der Materie zusammenhänge, wird jeder geübte Leser wohl selbst einsehen. Man kann sich aber davon am Besten durch eine Schrift meines unsterblichen Lehrers, Kästners, unterrichten, die Er unter dem Nahmen *de lege continui in natura*. Leipz. 1750. herausgegeben hat. Mit der ihm eignen prüfenden Belesenheit wird man dort alles zusammenfinden, was bis auf jenen Zeitpunkt für und wider diese Gegenstände gedacht wurde.

Funfzehnte Vorlesung.

(Phänomenologie, oder von der Bewegung
als Gegenstand der Erfahrung.)

I.

§14. Ehe wir nun weiter gehen, und den phänomenologischen Begriff der Materie festsetzen, müssen wir einige Betrachtungen voranschicken.

§15. Unter Erfahrung versteht man das Bewusstseyn, daß der Vorstellung von diesem oder jenem Objecte, das ich habe, ein solches Object wirklich zukommt. So habe ich eine Erfahrung von einem Brote, wenn ich mir bewußt bin, daß meine jetzige Vorstellung von einem Brote, wirklich von einem außer mir befindlichen Brote herrührt; so ebenfalls von der Liebe eines Menschen zu einem andern, wenn der eine den andern wirklich liebt.

§16. Da nun jedes wirkliche Object bestimmte Merkmahe enthält, wodurch es zum Individuum wird, und sich von andern Dingen unterscheidet; so haben wir dann eine Erfahrung (§15) von dem Objecte, wenn sich in unserm Bewusstseyn alle Merkmahe vereinigen, die dem Objecte zukommen.

§17. Sind uns daher nur einige Merkmahe gegeben, und wir schliessen von ihnen

auf das Daseyn aller; so ist die daraus gefolgerte Erfahrung nur Schein. Der einen Pfeiler in der Ferne für eine Säule hält, hat von einem Theil der Merkmahle, wodurch das Object bestimmt wird, auf das Daseyn aller geschlossen: er hat die Merkmahle, die ihm das Gesicht darboth, zur Bestimmung des Objects allein hinreichend gehalten, und die nicht aufgenommen, die ihm das Gefühl (*tactus*) hätte liefern können. Eben so der mit einer heißen Hand laues Wasser berührt, und es für kalt hält, hätte das Thermometer zu Rath ziehen sollen, um sich von den Merkmalen des Wassers zu überzeugen. Beyde haben daher nur einen Schein.

318. In diesen Fällen ist immer der Verstand Schuld, wenn Schein für wahre Erfahrung genommen wird: er urtheilt, dieß ist ~~A~~ aus nicht hinreichenden Merkmalen.

319. Was aber in Bezug auf das Object ein Schein ist, wird in Bezug auf das Subject eine Erscheinung. Dem Menschen, der in der Ferne steht, und also den Pfeiler nicht betastet, oder der das laue Wasser nicht durch das Thermometer untersucht, scheint der Pfeiler wirklich Säule, das laue Wasser wirklich kalt zu seyn.

320. Hiebey ist der Verstand nun gar nicht mit im Spiele: denn daß der eine die Vorstellung von einer Säule, der andere die

vom kalten Wasser habe, ist, unter den erwähnten Umständen, nicht zu erwähnen, und sie haben beyde diese Vorstellungen ohne Beyhülfe des Verstandes, bloß durch die Eindrücke erhalten, die die Objecte auf ihre Sinnlichkeit machen.

321. Bleibt der Mensch also hiebey stehen, sagt er sich bloß: ich bin mir bewußt, diese oder jene Vorstellung zu haben; so kann man dieß Bewußtseyn weder Schein noch Erfahrung (317. 315) nennen. Denn zu beyden muß er sich bewußt seyn, daß seine Vorstellung dem Objecte zukomme: es ist also eine Erscheinung.

322. Soll demnach die Erscheinung (319) in Schein oder Erfahrung, gleichviel, verwandelt werden; so muß der Verstand durch ein Urtheil das Bewußtseyn des Subjects auf das Object beziehen; er muß sagen: die Merkmahe, deren ich mir bewußt bin, und durch welche mir die Erscheinung geliefert wird, kommen dem Objecte so zu, wie ich mir ihrer bewußt bin. Ist das Urtheil richtig, so hat er auch eine Erfahrung; im entgegen gesetzten Falle nur Schein.

II.

323. Dieses vorausgesetzt, gehen wir weiter. — Wir haben die Materie durch das

Bewegliche im Raume, (24) und Bewegung durch eine Veränderung der äusseren Verhältnisse eines Dinges zu einem gegebenen Puncte im Raume, (21) erklärt. Nun aber ist es gewiss, dafs, für die Erscheinung, (319) ein Ding seine äusseren Verhältnisse gegen einen gegebenen Punct im Raume eben so gut verändert, wenn es sich von dem Puncte, als wenn dieser sich von ihm entfernt. (39) Für den Eindruck, den ein von mir entfernter Pfeiler auf mich macht, ist es gleich viel, ob ich vom Pfeiler, oder er von mir, oder einer von dem andern entfernt wurde: allemahl wird er mir, in einer gewissen Entfernung, als Säule erscheinen.

324. Für die Erfahrung hingegen ist dies bey weitem nicht gleichgültig. Denn hiebey heisst es nicht blofs: ich habe dieses oder jenes Bewusstseyn; sondern dieses Bewusstseyn ist mir durch das Object gegeben. Da kann dann freylich nur einer von den drey Fällen statt gefunden haben; entweder hat sich die Materie von mir, oder habe ich mich von der Materie, oder endlich haben wir uns von einander entfernt.

325. Um also einen vollständigen Begriff von der Materie zu erhalten, ist es nicht hinreichend, zu wissen, welche Vorstellung man sich von ihr als Erscheinung, sondern auch als Gegenstand möglicher Erfahrung zu

machen habe: nicht nur muß man wissen, was der Mensch, *subjective*, sich von der Materie vorstellt, um alle in Bezug auf Bewegung wahrgenommene Veränderungen sich erklären zu können; sondern auch welcher Antheil an diesen Veränderungen durch Bewegung, der Materie, *objective*, von dem Menschen begelegt werden müsse.

326. Daraus erhellet aber, daß wir die Ursache zu den Veränderungen durch Bewegung in der Materie suchen; oder mit andern Worten, daß wir dasjenige Bewegliche Materie nennen, welches Gegenstand möglicher Erfahrung werden kann.

III.

327. Passen wir diese hier (326) gegebne phänomenologische Erklärung der Materie den drey obigen Erklärungen der Materie (24. 76. 247.) an; so ergibt sich:

a) Das im Raume heist Materie, was durch seine Beweglichkeit Gegenstand der Erfahrung werden kann;

b) Das im Raume heist Materie, was eine Kraft besitzt, den Raum zu erfüllen, und daher Gegenstand der Erfahrung wird; und

c) Das im Raume heist Materie, was die Kraft hat Bewegung mitzutheilen, und

dadurch in unserm Gemüthe die Vorstellung von anderer Materie, als Gegenstand der Erfahrung, hervorbringen muß.

Doch dieß bedarf der Erläuterung, und soll sie in folgenden Sätzen erhalten.

IV.

328. So viel ist nämlich gewiß, daß der vollkommen absolute Raum (28) gar kein Gegenstand der Erfahrung werden kann. Ausser dem, was hierüber schon oben (*ibid.*) beygebracht worden, fließt aus dem Begriffe der Bewegung selbst, daß die Vorstellung vom vollkommen absoluten Raume eine Idee, und mithin für die Erfahrung überschwenglich sey. Denn Bewegung heist die Veränderung der äusseren Verhältnisse eines Dinges gegen einen gegebenen Punct im Raume. (21) Nun aber kann dieser Punct angenommen werden, wo man will, indem der bewegte Körper seine äusseren Verhältnisse in der That gegen jeden Punct im Raume verändert. Man wird daher sehr gut sagen können: dasjenige Ding ist in Bewegung, das seine äusseren Verhältnisse gegen einen Raum überhaupt verändert. Dadurch aber, daß dieses geschieht, verändert auch der Raum seine äusseren Verhältnisse gegen das Ding, und erscheint uns als bewegt.

Soll nun diese Erscheinung Erfahrung werden; so muß dieser Raum sich wirklich bewegen: d. h. seine äusseren Verhältnisse gegen einen Punct in einem größern Raume, und mithin gegen diesen größern Raum selbst verändern. Bezeichnen wir die wirklich bewegte Materie mit *m*, und die wirklich bewegten Räume, wie sie immer größer werden, mit *A, B, C, D, etc.*; so folgt, wenn man obige Schlüsse fortsetzt, aus der wirklichen Bewegung von *m*, daß *A* als bewegt erscheint; aus der wirklichen Bewegung von *A*, daß *B* uns bewegt erscheint, und so weiter immer die Bewegung eines größern Raumes ins unendliche, ohne je auf einen zu stoßen, der als unbewegt gedacht und doch Gegenstand der Erfahrung werden könnte. Wenn man also Einen Raum als schlechthin unbewegt denkt, und in ihm alle Bewegung vorgehen läßt; so meint man damit einen wirklich unendlich großen Raum, der eine Idee, und außer unserer Vernunft nicht vorhanden ist.

329. Da also jeder Raum, welcher Gegenstand möglicher Erfahrung werden kann, als bewegt gedacht werden muß; so folgt der Satz.

In Hinsicht auf mögliche Erfahrung, ist bey der geradlinigen Bewegung, das Urtheil: die Materie ist das Bewegliche im Raume, nur problematisch zu nehmen, und sagt weiter nichts, als es ist eben so

möglich, daß sich die Materie von einem Punkte im Raume, als daß der Raum sich von der Materie entfernt.

330. Wir brauchen nur diesen Satz zu erläutern, um seine Richtigkeit darzuthun. In der That ist es für die Erscheinung, die uns eine geradlinige Bewegung darbietet, gleichviel, ob der Körper sich von einem Punkte im Raume, oder dieser Punkt sich in entgegengesetzter Richtung von dem Körper entfernt. (39) Welches also in jedem besondern Falle wirklich statt finde, welches Erfahrung sey, ist bey der geradlinigen Bewegung eines Punktes, in Bezug auf einen einzigen andern, gar nicht auszumitteln. Wenn wir also sagen, es ist die Materie, welche sich bewegt; so kann das nur problematisch gesagt seyn, indem die Veränderungen der äußeren Verhältnisse, die wir an dem Körper wahrnehmen, nicht von seiner, sondern einzig und allein von des Raumes Bewegung in entgegengesetzter Richtung herrühren kann.

331. Eben aber dadurch, daß bey einer geradlinigen Bewegung nur einer von den gedachten zwey Fällen als wirklich angenommen werden kann; eben weil wir sagen müssen, daß entweder der Raum, oder die Materie sich bewegt; eben dadurch sehen wir ein, daß, um die Vorstellung von Bewegung zu erhalten, wir uns die Materie stets in Beziehung

auf einen Raum, oder Punct im Raume, denken müssen. Ohne eine solche Beziehung hätten wir gar keine Vorstellung von Bewegung. Nun heisst aber eine Bewegung, die auf keinen Raum, noch Punct im Raume bezogen wird, eine absolute Bewegung. Folglich ist eine absolute Bewegung unmöglich. (*nihil negativum.*)

332. Wenn wir also in der Phoronomie die Materie erklärt haben, dass sie das Bewegliche im Raume ist; so bedeutet die Copula ist in diesem Urtheile, in Bezug auf die Modalität desselben, nur so viel, als es ist möglich, dass es die Materie sey, welcher die Bewegung zukommt.

333. Die Ursache, weshalb die phoronomische Erklärung der Materie, ihr in der Beweglichkeit ein bloß mögliches Prädicat beylegt, beruht summarisch darauf, dass wir in der Phoronomie die Bewegung als bloße Entfernung, und daher ohne Rücksicht auf bewegende Kräfte betrachten. Nun liegt es in der That in dem Begriff der Bewegung als bloße Entfernung eines Punctes von dem andern, also in dem Begriffe der geradlinigen Bewegung, dass beyde Puncte ihren Abstand von einander verändern, die bewegende Kraft mag zukommen, welchem von beyden man will. Für die Erscheinung ist es daher ganz gleichgültig, welcher von beyden Puncten sich bewegt,

bewegt, das ist, die bewegende Kraft besitzt; und da in der geradlinigen Bewegung gar nichts enthalten ist, woraus sich schliessen läßt, daß die Materie vielmehr als der Raum die bewegende Kraft hat, so ist auch gar nicht auszumachen, ob die Materie nicht vielleicht ruhe, und der Raum sich in entgegengesetzter Richtung bewege. Phoronomisch also ist die Beweglichkeit, als Eigenschaft der Materie, ein bloß mögliches Prädicat: daß uns die Materie durch eine geradlinige Bewegung Gegenstand der Erfahrung wird, kann daher rühren, weil sie Beweglichkeit besitzt. Es kann aber auch seyn, daß der Raum sich bewegt, daß durch seine Bewegung die Materie bewegt zu seyn scheint, und dadurch Gegenstand der Erscheinung wird.

334. Ganz anders verhält es sich freylich mit der krummlinigen Bewegung. Doch davon nächstens, weil wir, um dieses recht einzusehen, einige Schritte zurück thun müssen.

Sechzehnte Vorlesung.

(Centripetal und Centrifugalkraft.)

I.

335. Wir wissen, daß wenn bey allem Bestreben eines Punctes einem andern Puncte näher zu kommen, doch die Linie ihres beyderseitigen Abstandes nicht verkleinert wird, wenigstens einer von beyden Puncten Zurückstossungskraft besitzen müsse. (85) Betrachtet man einen der beyden Puncte als in dem Mittelpuncte eines Kreises, und den andern, als in der Peripherie des Kreises liegend; so nennt man die Zurückstossungskraft, Centrifugalkraft.

336. Eben so wissen wir, daß wenn, bey allem Bestreben eines Punctes sich von einem andern zu entfernen, doch die Linie ihres beyderseitigen Abstandes nicht vergrößert wird, wenigstens einer von beyden Puncten Anziehungskraft besitzen müsse. (84) Stellt man sich abermals die Lage beyder Puncte so wie 335 angegeben worden vor; so nennt man die Anziehungskraft Centripetalkraft.

337. Ferner ist bekannt, daß, bey der krummlinigen Bewegung, der bewegte Punct

sich in jedem Augenblicke von dem zu entfernen strebt, um den seine Bewegung geschieht, aber sich doch nicht von ihm über eine gewisse Grenze hinaus entfernen kann. Wir brauchen diesen Satz hier bloß als Erfahrungssatz anzunehmen, und uns bloß durch folgenden leichten Versuch von seiner Wahrheit zu überzeugen. Schwingt man nämlich eine an einem Faden befestigte Kugel im Kreise herum; so bleibt die Kugel, so lange die Schwingung dauert, um die Fadenlänge von der Hand entfernt. Die Kugel muß also ein Bestreben äußern sich von der Hand weiter zu entfernen, da der Faden gespannt bleibt: wie sie denn auch wirklich wegschleudert, sobald man den Faden durchschneidet. Eben so äußert die Hand ein Bestreben, die Kugel an sich zu ziehen, weil sonst der Faden ebenfalls nicht gespannt bleiben könnte, und die Kugel in der That der Hand zufällt, sobald die Schwingung und mithin die Fliehekraft nachläßt.

338. Hier also, wie in jeder krummlinigen Bewegung gibt es Centripetal und Centrifugalkraft; und in unserm Beyspiele besitzt die Kugel die Centrifugalkraft, da die Hand die Centripetalkraft hervorbringt.

339. Wenn also ein Körper eine krumme Linie im leeren Raum beschreibt; so lassen sich vier Fälle als Ursache denken, weshalb dieß geschieht. Entweder besitzt der Körper

beyde Kräfte, oder der Körper hat Centrifugalkraft und der Raum ist die Ursache zur Centripetalkraft, oder umgekehrt, der Raum enthält die Ursache zur Centrifugalkraft, in-
 defß der Körper die Centripetalkraft besitzt, oder endlich liegt der Grund zu beyden Kräften in dem Raume. Denn in der That wäre die Wirkung in allen vier Fällen die nämliche.

340. Im Grunde aber lassen sich die vier erwähnten Fälle auf zwey zurückführen. Denn hat man einmahl die Frage entschieden: wer besitzt allein bewegende Kräfte, der Raum, oder die Materie? so sind auch nur zwey Fälle denkbar; und zwar: ist es die Materie oder der Raum, der beyde Kräfte hat?

341. Nun aber heist ein leerer Raum ein solcher, der keine Ursache in sich enthält, um eine Bewegung in bloße Beweglichkeit zu verwandeln; (73) oder, mit andern Worten, ein solcher, in dem eine Bewegung ungehindert vorgehen, und Materie dringen kann. Hingegen ist er erfüllt, (74) und daher selbst Materie, (76) wenn er eine solche Ursache enthält.

342. Die Ursache aber, wodurch wir uns einen Raum als erfüllt, und daher als Materie vorstellen, ist keine andere, als weil wir bemerken, daß keine andere Materie in ihn dringen kann: d. h. wenn er zurückstoßende
 und

und anziehende Kraft, oder Centrifugal und Centripetalkraft besitzt. Folglich ist das, und nur das für uns Materie, was diese beyden Kräfte besitzt.

343. Wenn daher ein Körper sich in einer krummen Linie im Raume bewegt; so widersteht der Raum dieser Bewegung nicht, daher ist er nicht erfüllt, daher besitzt er keine von beyden Kräften, (339) und daher ist es die Materie, die sie besitzt.

344. Ehe wir weiter gehen, müssen wir einem Mißverständnisse vorbeugen. Wir haben oben (102) behauptet, es gibt keine leeren Zwischenräume, daher keinen leeren Raum überhaupt; und doch sagen wir hier, (343) daß die Materie sich nicht im Raume bewegen könnte, wenn der Raum, in welchem sich die Materie bewegt, nicht unerfüllt wäre: diese beyden Sätze scheinen sich offenbar zu widersprechen. Allein genau betrachtet, ist das nicht so. Denn bey allem dem, daß es keine leeren Räume gibt, muß doch in dem Augenblicke wo ein Körper sich bewegt, in jedem Puncte seiner Bahn, die er betritt, keine andere Materie als die seinige enthalten seyn, weil er sonst, vermöge der Undurchdringlichkeit der Materie, diesen Punct nicht einnehmen könnte. Es ist daher gleichviel, ob wir, bey der Bewegung eines Körpers, uns des Ausdrucks bedienen: die Materie

seiner Bahn weicht dem Körper aus, wird zusammengedrückt, oder ob wir sagen: die Bahn die der Körper beschreibt, enthält keine Materie, ist ein leerer Raum. Ein Messer, das einen Teig durchschneidet, treibt die Materie des Teiges von beyden Seiten zurück, weil die Kraft mit der es eindringt, grösser ist, als die Kraft mit der der Teig seinen Raum erfüllt. In dem Augenblicke des Durchschneidens also enthält die Bahn des Messers weder Teig noch andere Materie, ist eine an Materie leere Bahn.

345. Also! Obgleich die Erscheinung die nämliche bleibt, ob der Körper sich um einen Punct im Raume, oder der Punct im Raume sich um den Körper bewegt, ob es gleich keine Veränderung in der Erscheinung hervorbrächte, ob die Erde sich um die Sonne, oder diese um die Erde in entgegengesetzter Richtung bewegte; so muß doch, wenn die Rede nicht von einem materiellen Puncte im Raume, (der Sonne) sondern vom Raume die Rede ist, stets der Körper und nicht der Raum in Bewegung angenommen werden. Denn eben weil die Bewegung im Raume gedacht wird, ist es gewiß, daß man diesen Raum als unerfüllt, als ohne anziehende und zurückstossende Kraft denkt. (344) Nun aber werden zur krummlinigen Bewegung diese beyden Kräfte erfordert. Folglich ist es auch nicht

der Raum, sondern die Materie, welche sich bewegt; und zwar deshalb, weil es gewiß ist, daß sie nur durch die Erfüllung des Raumes Gegenstand der Erfahrung werden kann.

II:

346. Wir wollen diesen Satz durch ein Beyspiel anschaulicher machen, und dadurch zugleich den Unterschied, der zwischen der krummlinigen und der geradlinigen Bewegung statt findet, noch mehr auseinander setzen

347. Wenn die Sonne in ihrer jährlichen Bewegung sich von Westen nach Osten um die Erde zu bewegen scheint, so kann das aus drey Ursachen herrühren. Entweder steht die Sonne fest im Raume, aber der Raum sammt der Sonne bewegt sich um die Erde; oder die Sonne allein bewegt sich um die Erde; oder die Sonne steht abermals fest im Raume, aber die Erde bewegt sich um die Sonne von Osten nach Westen. Die Erscheinung (319) würde alle Mahl gleich ausfallen: der Mensch würde immer sagen müssen, ich habe die subjective Vorstellung von einer bewegten Sonne. Weil nun in den beyden zuletzt erwähnten Fällen die Bewegung, der Sonne oder der Erde, also der Materie zugeschrieben wird; so kann einer von ihnen Gegenstand der Erfahrung

werden, in so fern Sonne und Erde bewegendes Kräfte in der Erfüllung ihres Raumes zeigen, und daher an und für sich beweglich sind. Nimmt man nun objective, also für Erfahrung an, daß die Sonne sich bewegt; so hat man dieses, wie die Astronomie darthut, aus nicht hinreichenden Merkmalen geschlossen, und hat nur einen Schein. (317) Hingegen was den ersten Fall betrifft, daß nämlich die Sonne fest im Raume stehen, und dieser sich mit ihr um die Erde bewegen soll; dieses hat nicht einmahl einen Schein für sich, weil es sich gar nicht denken läßt. Dem Raume der eine krumme Linie beschreiben sollte, müßte centripetal und centrifugal Kraft beygelegt werden, um durch andere Materie, die er in seiner Bewegung antrifft, durchdringen zu können. Was diese Kräfte aber besitzt, ist nicht Raum, sondern Materie, und wir legten also gerade dadurch nicht dem Raume, sondern der Materie die Bewegung bey. Wenn wir demnach auch glauben, daß wir von einem in einer krummen Linie bewegten Raum sprechen; so sprechen wir doch in der That von Materie, indem das, was sich wirklich bewegt, seinen Raum erfüllt, und daher Materie ist. Setzt man daher, in dem ersten Falle, Materie anstatt Raum; so heißt das nun, die gesamte Materie des Firmaments sammt der Sonne, bewegt sich um die Erde. Als Erschei-

nung, subjective, wäre das freylich nicht unmöglich, aber doch als Erfahrung, objective, abermals nur Schein, wie in der Astronomie dargethan wird.

348. Der Unterschied zwischen der geradlinigen und krummlinigen Bewegung ist einleuchtend. Bey der ersten ist bloß von dem Abstände die Rede, den zwey Puncte von einander haben. Fragt man sich, welcher von beyden Puncten hat sich bewegt, wem von ihnen kommt die Bewegung zu; so ist dieses aus dem bloßen Abstände nicht zu beantworten. Denn mag sich bewegt haben, welcher Punct da will, immer wird der Abstand beyder von einander der nämliche seyn. Bey der krummlinigen Bewegung hingegen kommt es gar nicht auf den Abstand der beyden Puncte von einander an; sondern auf beständige Veränderung der Richtung: der Abstand des Mittelpunctes von einem um ihn sich im Kreise bewegenden Puncte bleibt sogar beständig gleich, und wir erkennen die Bewegung bloß aus der veränderten Richtung. Die Veränderung der Richtung muß aber eine Ursache haben, die wir bewegende Kraft nennen. (69 f.) Welcher von beyden Puncten sich daher um den andern in einer krummen Bahn bewegt, der besitzt bewegende Kraft, mit der er seinen Raum erfüllt, und Materie ist. Folglich ist das im Raum Materie, was eine krummlinige

Bewegung hat, eben weil es seinen Raum erfüllt, und dadurch Gegenstand der Erfahrung wird.

III.

349. Daraus nun folgt unmittelbar ein neuer Satz. — Unabhängig von allen bewegendenden Kräften, haben wir (348) gesehen, bringt die Vorstellung von der Entfernung eines Punctes von dem andern, die Vorstellung von der Beweglichkeit beyder in uns hervor. Dieses heisst aber so viel als, jeder bewegte Körper theilt seine Bewegung allen mit, die ihn umgeben, und auf die seine Bewegung bezogen werden kann. (243) Die bewegte Erde theilt den Fixsternen ihre Bewegung mit, weil diese ihre Stelle im Raume gegen die Erde eben so verändern, als diese sie gegen die Fixsterne verändert. Aber diese Mittheilung der Bewegung ist nichts anders als eine Gegenwirkung. (297) Daher müssen wir, bey jeder Bewegung eines Körpers, die wir auf einen andern Körper beziehen, uns vorstellen, dass dieser eine gleich grosse, nach dem Verhältniß der Quantität seiner Materie (255) ihm zukommende Gegenwirkung äussere. (276 f.) Folglich ist es in der Beschaffenheit unseres Gemüthes gegründet, uns bey jeder Wirkung durch Bewegung eine gleich grosse Gegenwir-

kung vorzustellen. Was aber in der Beschaffenheit unsers Gemüthes seinen Grund hat, ist *à priori*, und diese Vorstellung ist deher eine nothwendige Vorstellung,

IV.

350. Nun wird man die drey oben (327) erwähnten Sätze leicht begreifen. — In der Phoronomie wurde (24) erklärt: Materie ist das Bewegliche im Raume. Da aber aus der geradlinigen Bewegung, als welche allein in die Phoronomie gehört, gar nicht ausgemacht werden kann, welches das Bewegliche sey, ob der Körper den wir für bewegt halten, oder der Punct im Raume, auf den wir die Bewegung beziehen; so können wir, weil es für die Erscheinung gleich ist, der Materie die Beweglichkeit beylegen. Objective aber heisst es weiter nichts als: das ist Materie, welches sich bewegen kann. Was für ein Kennzeichen aber haben wir, dafs die Bewegung diesem oder jenem Puncte wirklich zukommt? Diese Frage kann in der Phoronomie gar nicht beantwortet werden, weil dieß durch die geradlinige Bewegung nicht auszumitteln ist, und der Raum eben so gut als die Materie Beweglichkeit hat: wenn die Materie sich bewegt, hat auch der Raum Beweglichkeit.

351. In der Dynamik erklärten wir die

Materie, daß sie das Bewegliche im Raume sey, das seinen Raum erfüllt. (76) Diese Erklärung ist nicht nothwendig, sondern sie sagt nur, es ist gewiß, daß wenn wir etwas Bewegliches finden, das seinen Raum erfüllt, so nennen wir dieß Materie. Sobald wir daher eine krummlinige Bewegung uns vorstellen, hat entweder die Materie die Bewegung und der Raum die Beweglichkeit, oder umgekehrt, der Raum hat die Bewegung, und die Materie die Beweglichkeit. Da aber das was die Bewegung hat, auch bewegende Kräfte besitzen muß, und mit diesen einen Raum erfüllt; so ist es die Materie, der die Bewegung zukommt, indem alles, was einen Raum erfüllt, Materie heißt.

352. Endlich wurde in der Mechanik erklärt: Materie ist das Bewegliche im Raume, das seine Bewegung mittheilen kann. (247) Sobald dieses aber geschehen soll, müssen wir uns bey dieser Wirkung eine gleich große Gegenwirkung vorstellen. (275.f.) Mit andern Worten heißt das so viel als: wir können uns keine Materie allein in Bewegung vorstellen, ohne uns noch andere bewegte Materie vorzustellen; so daß die Materie, eben weil sie ihre Bewegung mittheilt, zugleich die Vorstellung von noch anderer bewegter Materie in uns hervorbringen muß.

V.

(S c h l u s s.)

353. Aus allen unsern Betrachtungen fließt nun, daß wir in die Naturlehre der Körper keine andere Sätze aufnehmen, als die bloß auf unserm Vorstellungsvermögen beruhen. Aus diesem können wir nicht hinaus, und daher wissen wir auch nicht, wie die Materie an und für sich, unabhängig von unserm Vorstellungsvermögen, beschaffen seyn mag. Für uns muß daher jede Bewegung auf etwas bezogen werden, und eine Bewegung im leeren Raume ist nicht einmal denkbar. Sobald ich eine Bewegung sehe, oder sie zu sehen mir vorstelle, bin ich der Punct im Raume, auf den sie bezogen wird, und sie ist schon dadurch nicht im leeren Raume.

354. Eben so wenig ist für uns eine Ruhe denkbar, die nicht durch äussere Ursachen hervorgebracht worden, und die daher nicht allemahl aus der Entgegensetzung zweyer gleich grossen Bewegungen entsprungen wäre: sie ist alle Mahl nur Beharrlichkeit an dem Orte, nicht völliger Mangel an Bewegung.

355. Letzte, absolut harte, und untheilbare Theilchen der Materie, vollkommene Auflösungen, leere Räume: alles das sind Ideen, die die Vernunft zum Behufe der Einheit in ihrer

Erkenntniß annimmt, die aber eben dadurch
 nie Gegenstände der Erfahrung werden kön-
 nen. Sie sind für uns Nichts: (*entia logica possi-
 bilia*) aber da wir die Körperlehre nicht als
 eine Lehre von dem Betrachten, was für uns
 nichts ist; so können wir nur solche Betrach-
 tungen in dieselbe aufnehmen, die für Men-
 schen etwas sind, und sowohl seine Erkennt-
 niß schon bereichern, als ihn anspornen, seine
 Erfahrung zu erweitern.

Erstes Register.

Zweck des Werkes	S. 1
Phoronomie, oder die Größenlehre der Bewegung	9
Vorbereitung zur Zusammensetzung der Bewegung	16
Zusammensetzung der Bewegung	25
Andere Ausführung des vorigen	28
Dynamik, oder die Kraftlehre der Bewegung	37
Undurchdringlichkeit	46
Verschiedenheit dieses Systems von den bisherigen	51
Theilbarkeit	57
Anziehungskraft	68
Fernere Betrachtung der Grundkräfte	78
Resultate	88
Fortsetzung	97
Mechanik, oder von der Mittheilung der Bewegung	115
Gesetze der Mechanik	125

Fernere Betrachtung über die Grundgesetze der

Mechanik	137
Solicitation und Acceleration	142
Stetigkeit	146
Phänomenologie, oder von der Bewegung als Gegenstand der Erfahrung	152
Centripetal und Centrifugalkraft	162
Schluss	178

Zweytes Register.

Anschauen 1. Anziehungskraft 84. Aufhebung
des Zusammenhanges 216. Auflösung 231. voll-
kommene 233. Ausdehnungskraft 101.

Beharrlich 30. Berührung, mittelbare 163. unmit-
telbare 162. Beschleunigung der Bewegung 300.
Bewegung 19. absolute 331. drehende und
fortschreitende 23. relative 29. zusamme-
gesetzte 37.

Centrifugalkraft 335. Centripetalkraft 336. Con-
figuration 191. Construction der zusamme-
gesetzten Bewegung 38.

Dehnbarkeit 220. Denken 1. Dichtigkeit 208.
Durchdringen, mechanisch 99. Durchdringen-
de Kraft 170. Dynamik 20.

Elasticität 224. abgeleitete 228. ursprüngliche 97.
Erfahrung 315. Erfüllung des Raumes 77. Er-
kenntniß à priori 3. mathematische 6. me-
taphysische 5. Erscheinung 319.

Federkraft 224. abgeleitete 228. ausdehnende 225.
zusammenziehende 226. Flächenkraft 170.

Gesetz, erstes der Mechanik 265. zweytes der
Mechanik 273. drittes der Mechanik 285.
Gravitation 178. Gröſse der Bewegung 250.

Haltbarkeit 150. Hylozoismus 270.

Klebrigkeit 222. Körper, feste oder starre 219.
flüssiger 218. mechanischer 259. physischer
206. vollkommen harte 312. Körperlehre 13.
Kraft, lebendige und todte 260. repulsive 140.

Leben 269, der Materie 270.

Masse 262. Materie 24, 76, 247, 326. Mathe-
matik 6. Mechanik 20. Metaphysik 5. Mit-
tel 161. Mittheilung der Bewegung 243. Mo-
ment der Beschleunigung 301. Monadist 137.

Natur, eines Dinges 8. Natur überhaupt 10.

Phänomenologie 20. Phoronomie *ibid.*

Quantität der Materie 255.

Raum, absoluter 27. erfüllter 74. leerer 73. ma-
terieller 25. relativer 26. vollkommen abso-
luter 28. Reibung 223. Ruhe 31.

Scheidung 232. Schein 317. Schneiden 164. Schwei-
re 178. Seelenlehre 13. Solicitation 301. Sprö-
digkeit 220. Stetigkeit 308. Substanz, mate-
rielle 128. System, dynamisches 117. mathe-
matisches 115.

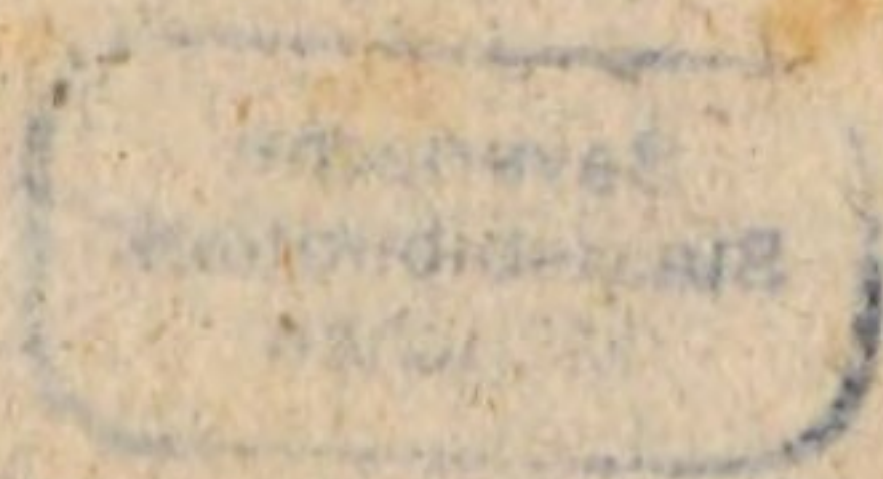
Theilung, chymische 230. mechanische 229. phy-
sische 133. Trägheit 272. Trennung 132, 216.

Verschiebung der Theile 216. Umfang, (Volumen)

207. Undurchdringlichkeit 106. absolute 116.
relative 117.

Wesen 7. Wirkung in der Ferne 166. Wissen-
schaft 4.

Zurückstossungskraft 85. nach allen Seiten 96.
Zusammendrücken 99. Zusammenhang 213.



Verbesserungen.

- | | | | | |
|----|------|----|-----|--|
| S. | 11. | Z. | 3. | ist nach Sinne das Komma überflüssig. |
| — | 35. | — | 14. | v. u. so lies sie. |
| — | 42. | — | 12. | v. u. dennoch lies demnach, |
| — | 53. | — | 5. | v. u. für lies für sich. |
| — | 56. | — | 5. | aher l. aber. |
| — | 68. | — | 15. | kleine l. kleinste. |
| — | 86. | — | 6. | u. 7. ist das Wort ihre überflüssig. |
| — | 87. | — | 4. | Mittelpuncee oder l. Mittelpuncte und. |
| — | 129. | — | 2. | Anschlag l. Anschlag bringen. |
| — | 151. | — | 3. | v. u. zusammenfinden, l. gesammelt finden. |
| — | 152. | — | 9. | das l. die. |

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Joh. Schiener.



Bendavid, Lazarus,

Lazarus Bendavid's Vorlesungen Über Die Metaphysischen Anfangsgründe Der
Naturwissenschaft (Mit doppeltem Register)

Wien 1798

Phys.g. 36 s

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10130720-5

VD18 11431962